



CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

THANN

par

F. MÉNILLET, M. COULON, C. FOURQUIN, J.-C. PAICHELER,

J.-M. LOUGNON, M. LETTERMANN

THANN

La carte géologique à 1/50 000
THANN est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
à l'ouest : LURE (N° 100)
à l'est : MULHOUSE (N° 101)

Remiremont	Munster	Neuf-Brisach Obersaasheim
Girromagny	THANN	Mulhouse Mullheim
Lure	Belfort	Altkirch Huningue

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France



BRGM

**NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE
THANN A 1/50 000**

par

**F. MENILLET, M. COULON, C. FOURQUIN, J.C. PAICHELER,
J.M. LOUGNON, M. LETTERMANN**

1989

Références bibliographiques : Toute référence en bibliographie au présent document doit être faite de façon suivante :

— *pour la carte* : COULON M., FOURQUIN C., MÉNILLET F., GAGNY C., THEOBALD N., PAICHELER J.C., POINT R., GUÉRIN H., BLANCHARD P., RULHAND M., VOGT H., RUBIELLO M.F., HIRLEMANN G., WICKERT F., C.O.G.E.M.A. (1986) — Carte géol. France (1/50 000), feuille THANN (412). Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par MÉNILLET F., COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C., LOUGNON J.M., LETTERMANN M. (1989). — 137 p.

— *Pour la notice* : MÉNILLET F., COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C., LOUGNON J.M., LETTERMANN M. (1989). — Notice explicative, carte géol. France (1/50 000), feuille THANN (412) — Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 137 pages. Carte géologique par COULON M. *et al.* (1986).

© BRGM, 1989. Tous droits de traduction et de reproduction réservés. Aucun extrait de ce document ne peut être reproduit, sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit (machine électronique, mécanique, à photocopier, à enregistrer, ou tout autre) sans l'autorisation préalable de l'Éditeur.

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	5
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	5
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	5
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	7
DESCRIPTION DES TERRAINS	11
<i>ROCHES PLUTONIQUES ET FILONS ASSOCIÉS</i>	11
<i>FORMATIONS PRIMAIRES</i>	15
<i>FORMATIONS SECONDAIRES</i>	32
<i>FORMATIONS TERTIAIRES</i>	42
<i>FORMATIONS SUPERFICIELLES - QUATERNAIRE</i>	52
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	77
<i>TECTONIQUE</i>	77
<i>MÉTAMORPHISME</i>	85
<i>PALÉOMAGNÉTISME</i>	86
OCCUPATION DU SOL	86
<i>SOLS ET VÉGÉTATION</i>	86
<i>DONNÉES GÉOTECHNIQUES</i>	89
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	93
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	93
<i>SUBSTANCES MINÉRALES NON MÉTALLIQUES</i>	98
<i>GÎTOLOGIE</i>	100
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	117
<i>ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES</i>	117
<i>COUPES DES SONDAGES PROFONDS</i>	118
<i>LISTE DES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	120
AUTEURS DE LA NOTICE	136

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Le Groupe d'études et de recherches géologiques de l'université de Reims a choisi les séries volcano-sédimentaires du Viséen des Vosges du Sud, pour leur richesse pétrographique et leur intérêt thématique en tant que segment de l'orogène varisque. Ce fût aussi l'occasion d'une très belle école de terrain pour les étudiants en géologie de l'université de Reims.

Animé d'un esprit d'équipe fécond, ce groupe a réussi à déchiffrer la plupart des séries volcano-sédimentaires des Vosges du Sud, jusqu'à présent très mal connues.

L'intérêt pétrologique et métallogénique du granite des Ballons et de ses faciès de bordure a attiré plusieurs équipes de recherche. La feuille Thann a bénéficié des premiers travaux de ces équipes. H. Guérin (1967) a ouvert la voie. L'aspect métallogénique a surtout été abordé par une équipe SNEAP dont le travail le plus important est celui de J. Mouillac (1974). Des travaux de pétrologie fine sont menés par une équipe dirigée par C. Gagny, auteur d'une partie des levers. Son élève J.P. Blanchard a bien avancé nos connaissances sur le granite des Ballons. Le Centre de recherches pétrographiques et géochimiques de Nancy (CRPG, CNRS) a entrepris l'étude géochimique du massif, bien engagée avec les travaux de M. Pagel qui s'est attaché plus précisément au comportement géochimique de l'uranium et du thorium dans le batholite.

La COGEMA a réussi à subdiviser, la série permienne des bassins de Giromagny et de Ronchamp, à l'aide de sondages carottés. La cartographie des unités ainsi définies a permis d'élaborer pour la première fois un schéma de la structure du bassin. Ces données nous ont été aimablement communiquées.

Les champs de fractures des collines sous-vosgiennes ont également fait l'objet de travaux de cartographie fine, qu'ils soient anciens (S. Gillet et D. Schneegans, 1935) ou récents (G. Hirlemann, 1971, pour la SNEAP qui nous aimablement autorisés à les reproduire).

N. Théobald, s'est longuement appliqué à cartographier les formations tertiaires et quaternaires de la bordure vosgienne et de la plaine d'Alsace. En outre, la carte a bénéficié des connaissances de H. Vogt, spécialiste des formations quaternaires d'Alsace et les formations glaciaires ont été l'objet d'une cartographie entièrement nouvelle (F. Ménillet).

La feuille Thann a donc bénéficié de circonstances favorables et d'efforts particuliers pour reconnaître un ensemble géologique complexe et très varié.

PRÉSENTATION DE LA CARTE

Situation, relief, hydrographie. Le territoire recouvert par la feuille à 1/50 000 Thann comprend essentiellement les confins sud-orientaux du

massif vosgien. Sa majeure partie est située dans le département du Haut-Rhin (arrondissements de Thann, Guebwiller et Altkirch). Son angle nord-ouest appartient au département des Vosges (canton du Thillot). La partie sud-occidentale de la carte, recouvre une douzaine de communes du Territoire de Belfort (cantons de Giromagny, Rougemont-le-Château et de Fontaine).

Le relief s'ordonne autour des nœuds orographiques de la Tête des Perches - Haute-Bers (1 252 m) et du Ballon d'Alsace (1 247 m) qui jalonnent la crête principale du massif vosgien au Sud du col de Bussang. A l'Ouest de cette dernière, s'étend le vallon des Charbonniers dont les eaux s'écoulent vers la Moselle, recoupée par l'angle nord-ouest de la carte, en contre-bas de La Prague. A la Tête des Perches prend naissance la crête du Rossberg (1 191 m) qui sépare les vallées de la Thur et de la Doller. Au Sud du Ballon d'Alsace s'individualise la crête du Baerenkopof qui sépare la vallée de la Doller des Vosges belfortaises dont la partie considérée est drainée par les ruisseaux de Saint-Nicolas, de la Madeleine et par la Vaivre ou Rosemontaise.

Au Nord-Est, la montagne du Molkenrain (1 125 m) massive, se rattache à la crête du Grand-Ballon (1 423 m, feuille à 1/50 000 Munster) par le col Amic (825 m).

En raison de sa forte altitude, en regard de la plaine d'Alsace et d'une forte empreinte des glaciers quaternaires, cette partie sud-orientale du massif vosgien apparaît très disséquée par l'érosion. Les sommets ont plus souvent la forme de crêtes que celle des classiques « Ballons » vosgiens. Dans l'ensemble les vallées sont étroites, le réseau hydrographique est principalement orienté suivant les directions NW-SE et SW-NE en relation plus ou moins étroite avec des directions structurales. Les collines sous-vosgiennes sont inexistantes ou très peu développées (secteurs de Lauw à Leimbach, secteur de Vieux-Thann à Wattwiller). La plaine comprend au Sud de hautes terrasses entaillées par les vallées de la Doller et du Soultzbach ; à l'Est la basse plaine de l'Ochsenfeld.

Géologie. La partie montagneuse, à l'exception des formations superficielles, est exclusivement constituée par des formations paléozoïques. Elle comprend essentiellement les assises volcaniques et volcano-sédimentaires du Viséen. A l'Ouest, apparaît l'extrémité orientale du massif granitique des Ballons. Au Sud, les Vosges sont relayées par les collines du bassin permien de Giromagny.

Domaine marginal du Fossé rhénan, les collines sous-vosgiennes sont ici essentiellement constituées par les conglomérats de bordure du Tertiaire rhénan. Les formations secondaires dont la mosaïque souligne généralement bien la structuration tectonique rhénane en « champs de fracture » des collines sous-vosgiennes, n'apparaissent ici que dans des zones étroites : champs de fractures de Lauw, de Bourbach-le-Bas et de Vieux-Thann.

Dans la plaine, les hautes terrasses bien développées au Sud de la Doller, correspondent aux anciens épandages de la rivière dont le cours a migré au

Quaternaire ancien du Sud vers le Nord. L'entaille des vallées, a mis à jour le substrat des marnes oligocènes qui appartiennent au remplissage tertiaire du Fossé rhénan. La basse plaine de l'Ochsenfeld, correspond au cône d'épandage de la Thur au Quaternaire supérieur (Würm).

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

– Les **témoins de l'histoire anté-dévono-dinantiennne**. Dans les Vosges du Sud, la base des séries dévono-dinantiennes n'est pas accessible à l'observation. Néanmoins, il est vraisemblable qu'elles se sont déposées sur un socle métamorphique dont on retrouve des éléments (gneiss, migmatites, serpentines, granites...) à différents niveaux. L'inventaire pétrographique de ces éléments suggère une histoire anté-dévonienne commune à l'ensemble Vosges du Sud - Vosges moyennes, limité au Nord par la zone de cisaillement de Lalaye-Lubine.

– Du **Dévonien au Viséen inférieur**. La sédimentation détritique accompagne une subsidence importante en milieu marin. Le volcanisme de type spilite-kératophyre est présent dans les dépôts rapportés au Dévonien supérieur (Schistes du Belfortais - Bain, 1964), mais il se développe surtout dans la partie terminale de la série d'Oderen datée à la limite V1 - V2a (Viséen inférieur à moyen) par microfaunes et algues provenant de rares niveaux carbonatés.

– Le **Viséen moyen** (V2a). Il est représenté par la série de Malvaux. Le milieu est toujours marin, mais le volcanisme devient prépondérant. A côté des volcanites acides et basiques encore affectées de processus de spilitisation, il apparaît quelques émissions latitiques annonciatrices du volcanisme du Viséen supérieur. C'est aussi l'époque de mise en place des premières intrusions du plutonisme du Ballon d'Alsace.

– Le **Viséen moyen** (V2b). La phase tectonique intra-viséenne se produit durant cette période. La structuration tectonique régionale acquise lors de cet événement (Coulon, 1976 a, 1977 a, b et c) va guider la dynamique magmatique et l'évolution paléogéographique au cours du Viséen supérieur.

– Le **Viséen supérieur** (V3). Le volcanisme est désormais normal (sans spilitisation). Une série de porphyrites a tendance shoshonitique trouve son équivalent dans le plutonisme du Ballon d'Alsace. L'histoire du Viséen supérieur peut être subdivisée en trois périodes :

La **période anté-Crémillot** (du nom d'un site défini par C. Fourquin sur la feuille Giromagny). Faisant suite à la phase tectonique sudète I, cette période voit le dépôt sous-marin de labradorites associées à des pyroclastites. Leur accumulation dans les dépressions et leur disparition à l'approche des paléoreliefs créés lors de la phase tectonique, contribuent à l'atténuation de la topographie.

L'**épisode du Crémillot**. Dans la série de Thann, l'histoire de cet épisode se décompose en deux parties :

– La première partie (temps des intrusions) est caractérisée par une paléogéographie complexe et évolutive, contrôlée par des phénomènes disten-

sifs. Le milieu marin subsiste et les premiers dépôts grauwakeux enregistrent un âge à la limite V2b - V3a. C'est aussi une période d'activité plutonique (monzonites, syéno-diorites...) et de développement du volcanisme latitique et trachytique. Dès cette époque, l'axe Masevaux - col Amic est individualisé ; secteur de distension, il devient le lieu des principaux centres émissifs de la série de Thann. A l'issue de cette période, suite à des mouvements épeirogéniques, l'érosion porte à l'affleurement les roches intrusives.

— La deuxième partie (temps des ignimbrites) est marquée par un volcanisme plus acide (latites quartzifères et rhyolites) et surtout par un régime d'émissions ignimbritiques, dont le centre principal est le strato-volcan du Molkenrain, où une caldeira a été identifiée (Coulon *et al.*, 1977, 1979). Le milieu encore localement aquatique au début de cette période, devient aérien dans tout le domaine de la série de Thann, les derniers dépôts étant systématiquement constitués par une puissante nappe d'ignimbrites rhyolitiques, équivalent volcanique du granite du Ballon d'Alsace (Gagny, 1968).

A l'Ouest et au Sud de la feuille Thann (domaine de la série de Giromagny), le milieu reste marin durant l'épisode du Crémillot ; la sédimentation s'y nourrit des produits des émissions pyroclastiques distales ; quelques coulées s'intercalent entre les niveaux de brèches et de conglomérats.

La **période post-Crémillot**. Il est probable que l'absence quasi-générale de dépôts au-dessus de la nappe d'ignimbrites terminales du Crémillot dans la série de Thann soit d'origine paléogéographique. Les dépôts ultérieurs de la série de Giromagny se cantonnent alors à un sillon tectonique, piège de la sédimentation et lieu d'émissions volcaniques (par exemple, le centre émissif trachytique du Rosemont). La subsidence est caractérisée par un régime oscillant, faisant alterner épisodes volcaniques et sédimentaires (grauwackes). Ce fossé sera finalement comblé par les tufs et ignimbrites rhodacitiques, ultimes dépôts du Viséen des Vosges du Sud et dont on retrouve des équivalents minéralogiques et géochimiques dans les « tufs anthracifères » du Nord-Est du Massif central.

La région va alors être soumise à la phase sudète II, responsable de plis et d'accidents chevauchants. Elle précède la montée des granites viséens de l'association des Crêtes à laquelle est rattaché le granite de Goldbach. On peut donc lui attribuer un âge viséen supérieur.

Stéphanien. A la fin du Carbonifère, se forme en marge sud de la carte le bassin houiller de Ronchamp, de nature fluvio-lacustre. La série comprend deux séquences positives de remblaiement avec des dépôts grossiers à la base surmontés par des schistes et siltites à intercalations charbonneuses et passées de cinérites.

Permien. Au Permien, les bassins, souvent des fossés d'effondrement, sont généralement beaucoup plus larges qu'au Carbonifère. Fortement subsidés, ils se remplissent de matériel détritique rouge, provenant de l'érosion de sols formés sur les reliefs résiduels de la chaîne hercynienne. Dans le bassin de Giromagny, quelques passées de cinérites sont les témoins de manifestations volcaniques proches, des formations volcaniques étant bien représentés dans des régions voisines (Val d'Ajol, massif de Chagey). A un

premier cycle sédimentaire se terminant par des siltites à passées carbonatées, succède un épisode de sédimentation très grossière de type fanglomérique provenant, en particulier, de l'érosion d'un socle proche. Le climat est subtropical, vraisemblablement à saisons contrastées et épisodes arides. La tectonique en distension est vraisemblablement synsédimentaire.

Trias. Au Trias inférieur, la géographie de la région lotharingo-alsacienne apparaît complètement changée. Cette dernière est occupée par une vaste plaine alluviale drainée par un réseau fluvial divagant apportant des sables et des galets depuis l'Ouest et le Sud-Ouest. Cimentés, ces matériaux constitueront le Grès Vosgien et le Conglomérat principal. Le territoire de la feuille Thann se situait en bordure méridionale de cette plaine. Au Buntsandstein supérieur, la mer du bassin germanique gagne du terrain, la région passe en domaine deltaïque (Grès à *Voltzia*), avant d'être transformée en vasière marine littorale (Muschelkalk inférieur). Au Muschelkalk moyen, le milieu devient sursalé et des dépôts de gypse et de sel gemme se forment, sous un climat vraisemblablement chaud et aride, en intercalations dans des vases, plus ou moins carbonatées. A la fin de cette épisode, la sédimentation carbonatée l'emporte et au Muschelkalk supérieur, le milieu, à salinité normale, devient plus agité et favorise le dépôt de calcaires bioclastiques (Calcaire à entroques). Ensuite, cette agitation devient épisodique et au début du Keuper (Lettenkohle), le milieu s'envase de nouveau.

Au Keuper moyen, la salinité augmente, permettant le dépôt de gypse et d'anhydrite en intercalations avec des argiles silteuses grises, puis diminue et le milieu, moins réducteur, modifie peu la teinte des sédiments bariolés de teintes violacées. Au Keuper supérieur (Rhétien), la vasière reprend des caractères plus nettement marins, mais confinés (silts noirs), sauf dans des chenaux où se déposent des sables micacés.

Jurassique. En milieu marin épicontinental et généralement réducteur, la région reste stable au Lias. La grande transgression marine éojurassique ne modifie pas la dominante silteuse dans la sédimentation mais apporte une phase carbonatée non magnésienne, épisodiquement prédominante (calcaires à gryphées). A l'Aalénien, des calcaires oolithiques ferrugineux sont les témoins de niveaux de condensation ; le milieu devient plus agité et il se forme progressivement une plate-forme où vont alterner durant le Dogger et le Malm, des épisodes de sédimentation bioclastique et oolithique, voire récifale le climat étant chaud, et des épisodes d'envasement pendant lesquels se décantent des boues plus ou moins carbonatées. Les dépôts postérieurs à l'Oxfordien n'ont pas été conservés, mais le contexte régional permet de supposer que la région a émergé à la fin du Jurassique (Portlandien).

Crétacé et Paléocène. De la Lorraine au Wurtemberg et au Nord du Jura, aucun dépôt d'âge Crétacé à Paléocène n'a été identifié. Bien que nous ne connaissons pas toutes les limites atteintes par les grandes transgressions crétacées en bordure de ce domaine, cette absence de dépôts est généralement expliquée par une émergence. La série jurassique étant ondulée et tronquée sous le remplissage tertiaire du Fossé rhénan, de légers mouvements de compression ont eu lieu durant cette longue période, mais leur âge précis n'est pas connu. Après l'érosion consécutive à ces déformations, le toit tron-

qué de la série jurassique a subi des phénomènes d'altération : karstification, kaolinisation et formation de pisolites ferrugineux (Sidérolithique).

Formation et évolution du Fossé rhénan. Les premières manifestations des phénomènes de distension qui sont à l'origine de l'ouverture du Fossé rhénan nous sont indiquées par des émissions basaltiques d'âge crétacé (émission la plus ancienne : néphéline à olivine des Trois Épis, près de Colmar, 93 Ma ; Lippolt *et al.*, 1974). Les premiers dépôts datés se sont formés à l'Éocène moyen (Lutétien). Ce sont des formations lacustres discontinues, conglomératiques, calcaires ou argileuses, peu épaisses. Les matériaux proviennent en grande partie de l'altération et de l'érosion des formations jurassiques. Avant l'ouverture du fossé, la région est soumise à un régime de compression N-S, provoquant des décrochements senestres SW-NE et dextres N 140 à N 150 E (Bergerat, 1985).

Au Priabonien, le Fossé rhénan proprement dit, limité par les failles rhénanes, subméridiennes, s'individualise. La subsidence tectonique dans ce fossé entraîne le dépôt d'une série sédimentaire originale et épaisse tandis que sur les bordures de la structure s'édifient d'épais cônes de déjection, au pied des horsts des Vosges et de la Forêt Noire. Au Nord de Mulhouse, s'individualise le bassin potassique, lagune plus ou moins en communication avec la mer alpine, où se déposent du sel gemme, en interstratification avec des marnes grises. Ce bassin est limité au Sud-Ouest par une zone moins subsidente, s'étendant approximativement du Sud de la Thur à la basse Doller (« seuil de Reiningue ») et le séparant d'un diverticule SW du fossé rhénan : le fossé de Dannemarie. Dans ce dernier, la sédimentation évaporitique est limitée à des dépôts de gypse et d'anhydrite. Le climat est subtropical, chaud et humide, avec des périodes arides, plus fréquentes à la fin de l'Éocène.

A la base de l'Oligocène, le milieu devient plus franchement marin (Zone fossilifère), puis à nouveau sursalé : dépôt de potasse et de sel gemme dans le bassin potassique. Dans sa phase terminale, cet important épisode évaporitique est entrecoupé d'apports limniques, constitués en particulier de marnes bariolées et le climat se rafraîchit.

Au cours du Stampien, une invasion marine venue du Nord atteint le Sud du fossé rhénan. Elle dépose des vases silto-carbonatées grises (Marnes à foraminifères), avant de se confiner et de favoriser la formation d'un sapropel, un peu bitumineux et riche en soufre (Schistes à poissons). Ensuite la salinité du milieu diminue progressivement, le dépôt de vases grises est entrecoupé d'apports sableux assez fins, d'origine fluviale à plantes flottées. Cette période de forte subsidence s'achève par un dépôt d'argiles marneuses bigarrées, quasi lacustre. Cette formation ayant été largement érodée par la suite, nous ignorons si elle s'est étendue jusqu'au Sud-Ouest du bassin potassique.

Aucun dépôt d'âge miocène n'étant connu dans le fossé rhénan méridional, son exondation est généralement admise. Des mouvements de coulissages prendraient le pas sur l'extension E-W et la subsidence, sous l'influence de contraintes de compression NE-SW (Villemin et Bergerat, 1987).

En fin de période, avec le plissement du Jura et la formation de l'arc alpin, les structures de compression redeviennent SE-NW. La formation d'une zone déprimée dans le Sundgau favorise un écoulement des eaux du Nord des Alpes vers la plaine de Bresse, probablement lors de la première glaciation alpine (Préglilien).

Dès la fin du Quaternaire ancien, la subsidence reprend au niveau de l'Alsace moyenne, permettant l'installation du cours du Rhin dans le Fossé rhénan. Au contraire, la partie méridionale de ce dernier reste stable ou se surélève légèrement permettant la formation de terrasses fluviales emboîtées. Durant les périodes froides, les parties hautes des vallées vosgiennes sont envahies par les glaces dont les eaux de fonte alimentent les grands cônes fluviaux tels que le cône wurmien de la Thur. Sur les versants libres de neige et de glace, les phénomènes de gélifraction, de gélifluxion et de cryoturbation sont très actifs. En plaine, des poussières se déposent lors d'épisodes froids et secs, constituant les loess. Si l'histoire précise des différentes glaciations et périodes interglaciaires est mal connue, l'évolution du climat et de la végétation au post-glaciaire (ou Holocène), couvrant les dix derniers millénaires est bien connue par l'étude des tourbières occupant d'anciens cirques et ombilics glaciaires (cf. tableau II).

DESCRIPTION DES TERRAINS

Remarque générale : étant donné le grand nombre d'analyses chimiques effectuées sur les roches plutoniques (association du massif des Ballons) et sur les roches volcaniques du Dinantien, nous renvoyons le lecteur aux références bibliographiques données dans la description de ces roches.

FORMATIONS PLUTONIQUES ET FILONS ASSOCIÉS

Deux ensembles plutoniques coexistent sur la feuille Thann :

- l'association des Ballons, contemporaine et co-magmatique du volcanisme viséen,
- l'association des Crêtes, plus récente que la précédente mais cependant encore viséenne.

A chacun de ces deux ensembles se rapportent des cortèges filoniens microgranitiques distincts, recoupant soit les massifs plutoniques soit les formations paléozoïques. Dans le même contexte, existent également des filons de lamprophyres mais difficilement attribuables à l'une ou l'autre association.

Association du massif des Ballons

Le massif des Ballons s'étend d'Est en Ouest sur une longueur de 20 kilomètres et une largeur de 6 kilomètres. Seule sa partie orientale est présente au Nord-Ouest de la feuille Thann. Il est constitué par le granite des Ballons, flanqué au Nord et au Sud par une série d'intrusions dioritiques et monzonitiques, qu'il recoupe (Mouillac, 1974). Les monzonites affleurent plus à l'Est dans l'apophyse de Sewen. Les subdivisions pétrographiques uti-

lisées lors de l'établissement de la carte résultent des analyses modales de H. Guérin (1967 a) ; on pourra constater sur la carte géochimique présentée en cartouche (Pagel et Leterrier, 1980), l'évolution des définitions pétrographiques fondées sur des critères de classification plus récents.

Les datations radio-chronologiques ont donné un âge viséen pour le granite et les faciès de bordure (respectivement $335 \text{ Ma} \pm 13$ et $337 \text{ Ma} \pm 19$ en K/Ar sur amphibole selon R. Montigny *et al.*, 1983, 1984, ou $323 \text{ Ma} \pm 19$ et $339 \text{ Ma} \pm 18$ en Rb/Sr sur roche totale selon M. Pagel, (1981) ; elles ont permis de situer la limite V2-V3 plus ancienne que 335-340 Ma. La période de mise en place des intrusions des bordures débute durant le dépôt de la série de Malvaux surtout pour les faciès les plus basiques (Coulon *et al.*, 1975 b ; Bebien et Gagny, 1978 ; André et Bebien, 1983). Elle se poursuit jusqu'au début de l'épisode du Crémillot pour les syéno-diorites et monzonites (Coulon, 1976 a). Dès 1966 (a), C. Fourquin signalait l'existence d'éléments syéno-dioritiques repris dans les brèches du Crémillot sur la feuille Giro-magny. Un décalage chronologique conséquent existe entre le granite des Ballons et les intrusions de sa bordure. Il a été mis en évidence par l'étude du thermométamorphisme de son encaissant (Coulon, 1976 a). Les études de pétrologie structurale menées par J.P. Blanchard (1978 b) sur le granite et par F. André (1983) sur les intrusions dioritiques et monzonitiques de la bordure nord vont dans le même sens ; elles sont synthétisées sur la carte des fluidalités planaires donnée en cartouche. On y observe une discordance des fluidalités entre le granite et les intrusions de sa bordure septentrionale. Elle souligne un changement de l'état des contraintes entre la période des intrusions dioritiques-monzonitiques qui recouvre la phase vosgienne intra-viséenne et celle de la mise en place du granite nettement plus tardive. A cet égard, ce changement de l'état des contraintes pourrait correspondre dans l'épisode du Crémillot au passage de la période des intrusions (syéno-diorites...) à la période des ignimbrites rhyolitiques co-magmatiques selon C. Gagny (1968) du granite des Ballons. A cette époque d'ailleurs, des mouvements à caractère épeirogéniques mettent à jour les intrusions de la région de Bourbach-le-Haut.

$\gamma\alpha$, γ^{3M} , $\sigma\theta$, $\sigma\eta$, θ . **Granite à augite et biotite peu quartzique, monzonite quartzifère à biotite et clinopyroxène de Sewen, monzo-gabbro du Petit Langenberg, syéno-diorite, diorite et gabbro d'Ermensbach ***: Faciès des bordures Nord et Sud du massif des Ballons. Ces roches ont en général des structures franchement grenues, cependant certains faciès basiques sont à grain plus fin en rapport avec les conditions de leur gisement.

La carte géochimique du massif des Ballons (Pagel et Leterrier, 1980) montre que ces différents faciès correspondent à des associations de diorites, de monzodiorites et de monzonites quartzifères (voir les problèmes de nomenclature évoqués ci-dessus). Les gabbros sont rares et surtout présents à l'état d'enclaves dans les diorites. Ils comprennent du plagioclase An60, de la biotite et des oxydes de fer et de titane. Les séries diorites-monzodiorites-monzonites quartzifères sont caractérisées par une évolution minéralogique à la fois qualitative et quantitative. Le clinopyroxène

* Voir aussi la rubrique θ , diorite et gabbro d'Ermensbach dans la description des formations primaires.

peut être transformé en amphibole. La hornblende apparaît aussi comme un minéral primaire. La biotite largement chloritisée varie de 1 à 13 %. Le zonage des plagioclases montre une basicité décroissante mais complexe du cœur vers la périphérie. Le feldspath potassique est peu représenté dans les diorites, mais dépasse 40 % dans les monzonites quartzifères et englobe les minéraux cités précédemment. Le quartz est rare dans les diorites et atteint 15 % dans les monzonites quartzifères.

Sur la feuille Giromagny, des phénomènes de bréchification magmatique ont été décrits dans les roches de la bordure nord du massif (André, 1983).

$\rho\gamma^3$. **Granite des Ballons.** La description est rédigée par J.P. Blanchard, elle s'appuie sur la cartographie géochimique de M. Pagel et J. Leterrier (1980) présentée en cartouche.

C'est un granite à phénocristaux d'orthose généralement orientés, de 2 à 3 cm de longueur mais pouvant atteindre 5 à 6 cm exceptionnellement. Les plagioclases peuvent être gris, rose, saumon ou crème. La hornblende se présente soit en baguettes allongées, soit sous forme de nids. La biotite, généralement chloritisée est magnésienne et titanifère. C'est un granite monzonitique dont l'aspect est très homogène à première vue dans l'ensemble du massif.

Moyenne de 40 analyses :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
64,35	15,04	4,21	2,43	2,71	3,21	4,76	0,51

Comme le granite des Crêtes affleurant sur la feuille Munster, le granite de Ballons se caractérise par la présence d'un clinopyroxène de la série diopside-augite.

L'observation microscopique, l'étude thermodynamique et celle des contrôles géochimiques donnent la même courbe de cristallisation :

- le clinopyroxène et la biotite cristallisent jusqu'à épuisement du magnésium et du titane (Blanchard, 1978 a) vers 900° ;
- le pyroxène se déstabilise et la hornblende se forme jusqu'à épuisement du magnésium et du titane ;
- enfin, la phase quartzo-feldspathique résorbe le reste du magma.

Une étude fine des variations géochimiques montre une différenciation principalement axée sur l'enrichissement en amphibole et dans une moindre mesure en biotite due à une différenciation par gravité (magma-settling) ; en regard des variations rhéologiques lors de la cristallisation, ce phénomène est intervenu avant mise en place et avant déstabilisation du clinopyroxène. A cette différenciation vient se superposer en fin de cristallisation, une chloritisation surtout intense dans les parties hautes de la chambre magmatique par concentration des fluides.

L'étude des fluidalités acquises lors de la mise en place permet d'affiner l'étude de la dynamique magmatique du massif : les fluidalités subverticales

sensiblement Est-Ouest correspondent à l'allongement du gisement et donc à la mise en place globale du granite. D'autres fluidalités subméridiennes, recoupant les premières sous forme de « protofilons », véritables filons de granite dans lui-même, ou s'imbriquant avec les premières à l'échelle décimétrique, sont les témoins de mouvements magmatiques intervenus avant la fin de la consolidation et ayant relevé la partie est du massif. Ils sont responsables de la dissymétrie de la zonalité géochimique, la partie orientale représentant une zone plus profonde de la chambre magmatique.

$\mu\gamma$. **Microgranites à cordiérite et tourmaline, $\mu\gamma(1)$ faciès porphyroïde.** Ces filons ne sont pas connus à l'intérieur du granite des Ballons ; ils recoupent soit les terrains viséens, soit les intrusions monzonitiques de la bordure sud et peuvent être suivis sur plusieurs kilomètres. La roche est colorée en rose et comporte des phénocristaux pour la plupart de grande taille. On note la présence de feldspath potassique en cristaux atteignant parfois plusieurs centimètres avec des faces cristallines bien individualisées, de grains de quartz transparent (1 à 2 cm), de cristaux de cordiérite transformée en pinnite vert-clair et de rosettes millimétriques de tourmaline. Le fond de la roche quartzo-feldspathique apparaît au microscope surchargé en mica blanc.

A l'approche des épontes, on observe le développement de franges de Bagnold pluridécimétriques (zones dépourvues de phénocristaux chassés vers le centre du filon par une augmentation de la pression dispersive).

Une variété à grains plus grossiers ($\mu\gamma(1)$, faciès porphyroïde) recoupe les monzonites de la bordure sud du massif du Ballon.

$\mu\gamma^{2-3}$. **Microgranites à hornblende et biotite.** Ces filons ont une composition proche de celle du granite du Ballon. Ils sont très peu représentés sur la feuille Thann.

Association des Crêtes

γ^{1-2} . **Granite de Goldbach, parfois à muscovite ou à amphibole.** D'après P. Flück, le massif de Goldbach se compose d'une association de granites, qui s'intègre pétrographiquement dans le plutonisme des Vosges moyennes. Intrusif dans la série d'Oderen et limité à l'Est par le couloir tectonique du col Amic - Karsprung, il affleure au Nord de la feuille Thann. Sur la feuille Munster, il recoupe le plan de charriage de la série du Markstein (ligne des klipptes). Le faciès dominant est un granite porphyroïde à biotite, relativement sombre, renfermant de l'amphibole en faible quantité. Il existe des variantes plus sombres, franchement amphiboliques à enclaves de vaugnérites et des variantes plus claires à deux micas affleurant çà et là.

$\mu\gamma^3$. **Microgranites à pyroxène et amphibole.** Ce sont des filons à bordures lamprophyriques de quelques mètres d'épaisseur. La structure porphyrique est remarquable. Les phénocristaux comprennent du feldspath potassique atteignant jusqu'à 2 centimètres, des plagioclases plus petits (andésine), des paillettes de biotite largement chloritisée et des grains de pyroxène particulièrement abondants. L'amphibole, voisine de celle du granite des Crêtes,

semble faire défaut dans les filons de la région de Masevaux. La mésostase grise est constituée d'un assemblage quartzo-feldspathique finement cristallisé et englobant différents minéraux accessoires (apatite, épidote, amphibole, biotite...). La composition minéralogique de ces microgranites montre leur analogie avec ceux décrits par C. Gagny (1968) au col de la Grosse Pierre sur la feuille Munster.

Les lamprophyres. v^1 , v^2 , v . **Minettes, vosgésites à pyroxène, lamprophyres variolaires à phlogopite.** Ce sont pour l'essentiel des minettes et plus rarement des vosgésites à pyroxène (col du Hundruck). Les minettes présentent presque systématiquement le faciès variolitique qui caractérise généralement les épontes des filons mais peut en envahir la totalité. A l'extrême bordure nord de la carte, à l'Ouest de Storkensohn, affleure la terminaison d'un filon de lamprophyre à phlogopite (v), à structure variolitique. Ce filon se développe au Nord sur la feuille Munster où il a été décrit par C. Gagny (affleurements de la route du col de Bussang, RN 66). Les filons s'accordent sur les directions de fracture ou bien sont injectés en sills dans les terrains volcaniques ou sédimentaires (Wegscheid).

FORMATIENS PRIMAIRES

Dévonien - Carbonifère

Trois ensembles viséens sont représentés et calés stratigraphiquement sur la feuille Thann (Coulon *et al.*, 1975 b ; Coulon *et al.*, 1979 ; Coulon *et al.*, 1978). A l'occasion de ces travaux, la mise en évidence de la succession lithostratigraphique des différents termes et de leur évolution latérale a permis de redéfinir les séries antérieurement admises (séries de Thann et d'Oderen : M. Ruhland, 1961 ; C. Gagny, 1968) et de proposer la succession suivante :

- la série d'Oderen (Viséen inférieur),
- la série de Malvaux (Viséen moyen),
- la série de Thann-Giromagny (Viséen supérieur).

En outre, un quatrième ensemble de faible extension sur la feuille Thann constitue dans la région de Rougemont-le-Château, la terminaison orientale des schistes dévono-dinantiens du Belfortais.

Les terrains viséens sont recoupés par les cortèges plutoniques du Ballon d'Alsace et de l'association des Crêtes (granite de Goldbach) datés aussi du Viséen (Montigny *et al.*, 1983, 1984).

Les caractères du magmatisme opposent la série supérieure de Thann-Giromagny aux séries sous-jacentes qu'elle recouvre en discordance ; cette opposition pressentie par A. Michel-Lévy (1910) a été précisée par J.-M. Stussi (1967-1970). Lors des levés de la carte, on a pu montrer que le dualisme acide-basique des séries inférieures exprimé dans un volcanisme affecté de processus de spilitisation leur était strictement inféodé. Toutefois quelques émissions à caractère latitique préfigurent le magmatisme viséen supérieur. La série de Thann-Giromagny comporte une association volcanique normale (sans spilitisation) allant des labradorites aux rhyolites latiti-

ques, co-génétique de la suite plutonique du Ballon d'Alsace. Une évolution géochimique similaire avait déjà été constatée par C. Fourquin (1969, 1973) sur la feuille Giromagny. La limite entre séries inférieures et supérieures correspond ainsi à une évolution importante du magmatisme, coïncidant avec une phase tectonique intra-viséenne (Fourquin, 1969, 1973 ; Coulon, 1973 ; Coulon *et al.* 1975 a et b, 1978), qualifiée de phase vosgienne par J. Bebien et C. Gagny (1979).

d-h, d-h K¹, d-h K³. **Dévon-Dinantien du Belfortais.** Il affleure au Sud-Ouest de la carte, en contact faillé avec les terrains du Viséen supérieur recouverts par les dépôts non plissés du Permien. Les **Schistes d'Etueffont** (d-h) comportent des passées gréseuses et conglomératiques (d-h (1)) et des intercalations de **kératophyres** (d-hK¹) et de **diabases** (d-hK³) en général très altérés. Sur la feuille Lure, la découverte d'acritarches, de chitinozoaires et de spores a permis de proposer un âge famennien (Bain, 1964). De même, les niveaux de conglomérats à dragées de quartz et de roches métamorphiques ne sont pas sans rappeler les conglomérats observables au toit du massif dévonien de Chagey.

h2a. **Viséen moyen à inférieur (?) Série d'Oderen.**

La série d'Oderen occupe un large domaine sur les deux flancs de la vallée de la Thur en amont de Willer. Elle affleure aussi dans la partie septentrionale du couloir Amic-Hundsruck. Elle comprend deux ensembles sédimentaires détritiques de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, dans lesquels s'intercalent des volcanites.

h2a1. **Grauwackes à ovoïdes.** Elles affleurent à la base de la série d'Oderen, au cœur d'une boutonnière anticlinale centrée sur Moosch. Le type pétrographique a d'ailleurs été pris par plusieurs auteurs à la carrière de Moosch (Gagny 1958 ; Ruhland, 1961), mais on peut les observer aussi dans les carrières situées au Nord de Willer ainsi que dans la série du Markstein. Ce sont des grauwackes-arénites grossières contenant des nodules à ciment carbonaté, décimétriques à pluri-décimétriques. La genèse des ovoïdes a été différemment interprétée : éléments transportés de grauwackes calcareuses (Gagny, 1958) - simples concrétions calcaires au sein des grauwackes (Ruhland, 1961). En fait, ces deux interprétations apparemment antagonistes reflètent une double réalité observable dans les carrières de Moosch et de Willer : niveaux calcaires démantelés - concrétions carbonatées sans déplacement du litage sédimentaire.

h2a2, K¹, K³, C. **Schistes et grauwackes, tufs et brèches kératophyriques, spilites et diabases, bancs calcaires.** Ils reposent en concordance sur les grauwackes à ovoïdes. Les sédiments marins à dominante fine (laminites) comportent une fraction carbonatée diffuse ou en bancs de calcaires biodétritiques (C) de quelques décimètres de puissance. L'étude sédimentologique (Gagny, 1961) définit une série à cyclothèmes avec des hauts de séquences riches en débris végétaux difficilement identifiables. La microfaune et les algues ont donné un âge à la limite V1b-V2a (Coulon *et al.*, 1978). Il précise ainsi l'âge viséen inférieur donné par la détermination de brachiopodes (M. Mattauer, 1959).

A l'Ouest de Willer (Herrenwald), de puissantes décharges conglomératiques s'intercalent dans la série. Les éléments les plus intéressants de ces conglomérats sont de nombreux galets et fragments plus ou moins anguleux de socle (granites, gneiss, migmatites et serpentines), analogues aux éléments repris dans les conglomérats de la « ligne des klippes » sur la feuille de Munster.

Le volcanisme acide (K^1) est représenté par des laves blanches ou roses à composition de quartz-kératophyres comportant parfois des vacuoles remplies de calcite, de quartz et de chlorite, ainsi que par des tufs et des brèches de même nature. Le caractère marin du dépôt est confirmé par la présence occasionnelle d'organismes marins. Le volcanisme basique (K^3) se manifeste par des roches sombres (noires, bleues ou vertes) à texture doléritique (diabases) ou microlitiques (spilites) avec parfois passage progressif entre ces deux faciès. Le caractère sous-marin des épanchements est souligné par le faciès Mandelstein.

h2b. Viséen moyen. Série de Malvaux

Les affleurements de cette série dans la haute vallée de la Doller sont le prolongement de ceux de la feuille Giromagny où elle a été définie par C. Fourquin (1973). Elle est recoupée au Nord par le massif granitique du Ballon d'Alsace et s'envoie au Sud sous les terrains du Viséen supérieur. La terminaison orientale du massif granitique permet l'observation de sa base, concordante sur la série d'Oderen. Au Nord-Ouest de la feuille Thann, le complexe de la forêt de Saint-Maurice lui est rapporté. La série de Malvaux est calée stratigraphiquement par des niveaux à microfaunes et algues qui confèrent à sa base un âge limite V1-V2a et à son toit, un âge limite V2a-V2b.

$^1K^1$, $^1K^3$, h2b. **Kératophyres et tufs kératophyriques inférieurs : Spilites et diabases inférieures. Schistes.** Termes inférieurs de la série, ils assurent la transition avec la série d'Oderen et le passage du régime à sédimentation dominante au régime volcanique prépondérant. On retrouve la dualité volcanismes acide ($^1K^1$), - basique ($^1K^3$), soit intercalée dans les schistes (h2b), soit au mur de l'unité susjacent (brèche inférieure). Au Nord-Est du Hirtzenstein (Galgenstein), des tufs kératophyriques contiennent de nombreux restes d'organismes (algues, radiolaires, spicules de spongiaires, débris d'encrines, bryozoaires, foraminifères, brachiopodes, gastéropodes et formes solitaires de polypiers à l'état de moule).

brpK-1. **Brèche inférieure.** Il s'agit d'un complexe de brèches et de laves de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Les faciès sont variés, les brèches les plus caractéristiques sont à éléments kératophyriques blancs ou rosés et spilitiques verts ou noirs, noyés dans un ciment rhyolitique à texture vitreuse fluidale. Dans les faciès effusifs, à côté des spilites et des kératophyres coexistent des roches à fond dévitrifié ou microlitique, surchargées en épidoite. Une convergence possible existe avec les latites du Viséen supérieur ainsi qu'avec des roches du cortège plutonique du Ballon d'Alsace. Il est donc probable que ces roches soient des témoins précoces du magmatisme du Ballon d'Alsace, situés d'ailleurs à proximité de l'actuel pluton. Ces faciès peuvent être observés le long de la route forestière allant du col

du Hirtzelach au Petit Langenberg, juste avant le contact avec les faciès monzonitiques de la bordure du massif granitique.

brpK-2. Faciès acide du vallon de Wuenheim. Dans le vallon de Wuenheim, les formations du Viséen supérieur surmontent un ensemble volcanique à composition rhyolitique. Les analogies avec les faciès acides de la brèche inférieure ont amené à en faire un équivalent pétrographique.

Les rhyolites vitreuses ont de faibles indices porphyriques. On y reconnaît des phénocristaux de quartz, d'orthose, d'albite et des ferro - magnésiens (biotite et amphibole) totalement altérés et surchargés en oxydes de fer. Les diverses structures (pyromérides, perles, bréchifications...) indiquent une mise en place en contexte aqueux. Des niveaux de remaniement s'interposent entre ces volcanites et les premiers termes locaux de la série de Thann ; ces faciès sont arénitiques et granoclasses avec des galets centimétriques. Les clastes sont formés par des phénocristaux et fragments arrachés aux rhyolites sous-jacentes. Ils apparaissent noyés dans une matrice vitreuse fortement recristallisée. Un thermométamorphisme affecte l'ensemble des faciès ; il produit de fines paillettes de mica blanc, dispersées dans la matrice vitreuse des roches, mais abondantes surtout au niveau de microcisaillements ; il a été mis en rapport avec la montée des magmas acides à l'origine du strato-volcan du Molkenrain d'âge viséen supérieur (Coulon *et al.*, 1977, 1979).

θ. Diorites et gabbros d'Ermensbach. Ils affleurent en un petit massif d'environ 2 km² intrusif dans la série d'Oderen et la base de la série de Malvaux. La roche est noire, bien cristallisée, néanmoins l'importance des faciès fins suggère une intrusion à faible profondeur, c'est-à-dire durant le dépôt de la série de Malvaux. Elle pourrait ainsi être contemporaine des spilites de cette série dont elle serait l'équivalent cristallisé en profondeur dans un milieu dépourvu de fluides intersticiels et, par conséquent, indemne de toute spilitisation (Coulon *et al.*, 1975b). La description de ces roches a été précisée dans le chapitre sur le plutonisme du Ballon d'Alsace. (p. 11).

²K³. **Spilites et diabases supérieures.** Elles affleurent particulièrement bien dans le secteur de la Durrwald où coexistent des types hypovolcaniques et effusifs étroitement imbriqués et passant même de l'un à l'autre sans solution de continuité. La puissance de la formation est de l'ordre de l'hectomètre. Les termes effusifs montrent souvent le faciès « Mandelstein » ; au lieu-dit Kaltbrunnen, des coulées à débits en boules sont associées à des hyaloclastites contenant des fragments de pillow-lavas. Du point de vue des textures, les faciès hypovolcaniques présentent les types suivants :

- Diabase à texture subophitique avec de grandes lattes de plagioclase basique altéré et des interstices occupés par de la chlorite et de l'épidote ;
- Diabase à texture microgrenue avec des phénocristaux de plagioclase acide parfois albitique, des microcristaux d'albite, des grains de pyroxène en rares phénocristaux ou en microcristaux, des minéraux opaques et des plages de chlorite.

Les faciès effusifs sont des spilites à texture microlitique, le plus souvent porphyrique, les termes suivants y ont été reconnus :

— spilite à phénocristaux de plagioclase basique saussuritisés englobés dans une mésostase composée de microlites d'albite « en écharde » et à vacuoles limitées par un liseré d'oxydes de fer et de chlorite et renfermant de la calcite, du quartz et parfois de l'albite de néoformation.

— spilite à phénocristaux d'albite et à fantômes de ferro-magnésiens dans une mésostase constituée par de très fins microlites d'albite et par un fond chloriteux riche en grains d'épidote.

— spilite caractérisée par deux générations de microlites de plagioclase, basique d'une part et albitique d'autre part. La roche comporte en outre des cristaux de pyroxène calcitifé et chloritisé, l'ensemble étant englobé dans un fond chloriteux surchargé en grains d'épidote.

²K¹. **Kératophyres quartziques et tufs kératophyriques supérieurs.** Ce terme possède une puissance de 100 à 200 mètres. Ce sont des roches claires (blanches ou roses), mais qui se teintent de façon variée à l'approche des accidents tectoniques. La différence entre les types effusifs et pyroclastiques n'est pas toujours évidente du fait des transformations minéralogiques les affectant. Les faciès effusifs sont des quartz-kératophyres dont l'indice porphyrique reste le plus souvent inférieur à 20. Les phénocristaux comprennent du quartz à contour parfois automorphe mais en général irrégulier, de l'albite très limpide, de la biotite entièrement altérée et surchargée en oxydes de fer et de très rares minéraux opaques. La mésostase granophyrique est parcourue par une fine trame de feldspath potassique qui enserre des glomérules formés par de petits cristaux de quartz et de microlites d'albite. Les faciès pyroclastiques sont des cinérites ou des tufs à faible indice porphyrique, présentant parfois des granoclassements assez frustrés. Ils possèdent une composition minéralogique voisine de celle des quartz-kératophyres.

h2bK. **Schistes, tufs fins et brèches kératophyriques.** Ils affleurent dans le secteur de la Durrwald et peuvent être observés au col du Hirtzelach. C'est un ensemble de brèches albitophyriques surmontées de tufs, d'arénites et de lutites avec de petits lits carbonés. Le caractère marin se traduit par la présence de radiolaires dans les niveaux fins et de tiges d'encrines, de brachiopodes et de polypiers dans les niveaux grossiers. En outre, ces sédiments contiennent de nombreux débris de plantes flottées. Des galets mous de calcaire emballés et transportés par des décharges de matériaux volcaniques bréchiques ont livré une microfaune abondante ainsi que des algues qui confèrent à ces niveaux un âge limite V2a-V2b.

h2b. **Viséen moyen. Complexe volcanique de la forêt de Saint-Maurice**

Sa position lithostratigraphique globalement au-dessus de la série d'Oderen, l'importance et la nature du volcanisme le font considérer comme un équivalent latéral de la série de Malvaux dont il est séparé au Sud par le massif granitique des Ballons. On y retrouve certains faciès de la série de Malvaux : **schistes et grauwackes** (h2), **kératophyres et tufs kératophyriques** (K¹), **brèches kératophyriques rhyolitiques** (K¹-1), **spilites et diabases** (K³). Il est à signaler la découverte d'une dizaine de coulées à pillow-lavas dans les niveaux basiques (Bebien et Gagny, 1979), en particulier les coulées :

- du Bruckenbach dans les Bois d'Urbès ($x = 943,40$; $y = 328,80$) ;
- de la Cuisine du Diable ($x = 942,55$; $y = 328,07$) ; entre la Chaume et la Tête des Neuf Bois ($x = 941,75$; $y = 328,64$; $x = 942,00$; $y = 328,67$; $x = 941,82$; $y = 329,10$).

Quelques **trachytes** intrusifs tardifs (τ) recoupent ce complexe et sont à rapporter au volcanisme de même nature appartenant à la série de Thann.

h2c. Viséen supérieur - Série de Thann-Giromagny.

● Ensemble inférieur

Épisode des labradorites

Deux termes sont localement superposés avec de bas en haut :

β -1, **Complexe de brèches à éléments perlitiques et intercalations de labradorites.**

β -2, **Labradorites en coulées.**

La puissance très variable de ces deux termes (0 à plusieurs centaines de mètres) est contrôlée par la paléogéographie héritée de la phase tectonique intra-viséenne ; les produits des éruptions s'accumulent alors dans les dépressions et épargnant les reliefs. La superposition des deux termes n'est pas une règle absolue, l'un ou l'autre pouvant à lui seul constituer la totalité des dépôts dans le secteur donné.

Dans certains secteurs, les deux faciès n'ont pas été différenciés sur la carte lorsque le niveau β -1 de puissance réduite était difficilement cartographiable.

Le **complexe β -1** est un assemblage de **laves**, de **brèches** pyroclastiques et de fines passées grauwakeuses (lutites à arénites). Les laves bleues offrent de belles structures porphyriques, souvent vacuolaires. Ce sont des labradorites ou des andésites, dont l'indice porphyrique avoisine 35, mais chute parfois à 10. La basicité des plagioclases varie de 60 à 30 souvent avec effet de zonage. Dans le vallon du Willerbach, les caractères d'épanchement en milieu aqueux sont particulièrement nets : faciès de trempe produisant une mésostase vitreuse chloritisée, pillow-lavas au front d'une coulée ($x = 949,05$; $y = 321,50$; $z = 550$). Les coussins de quelques décimètres sont emballés dans une gangue grauwakeuse et présentent aussi le faciès « Mandelstein ». Une étude réalisée sur un individu a montré que le refroidissement brutal, dû au contact de l'eau, vitrifie, sur près de 3 cm, un cortex à rares et fins microlites englobant une zone étroite de grandes vacuoles à contour déformé. Quelques craquelures du cortex laissent fuser de petites émissions qui viennent de l'intérieur encore fluide et qui recouvrent alors les sédiments péricorticaux riches en spores. Les brèches pyroclastiques contiennent des éléments arrachés aux formations inférieures (kératophyres et spilites), ainsi que des fragments de labradorites. Un caractère constant est la structure perlitique de certains éléments acides.

Les **labradorites en coulées** ($\beta-2$) ont une structure microlitique porphyrique et présentent le faciès Mandelstein. Les faciès autoclastiques sont fréquents, les éléments bréchifiés violacés ressortent, englobés dans une lave restée bleue. Les phénocristaux comprennent du plagioclase (60 à 85 %) avec une teneur en anorthite variant de 70 à 50 % entre individus, mais aussi du cœur à la périphérie des cristaux zonés. Le clinopyroxène (5 à 20 %) peu altéré forme des cristaux atteignant parfois le centimètre. Le périclase (0 à 20 %) est toujours complètement transformé en un mélange de chlorite et de calcite. La mésostase est constituée par un assemblage de microlites de plagioclase basique et de granules de pyroxène et d'olivine altérée dans un fond souvent envahi par des oxydes de fer. Des débits particuliers ont été observés :

- boules décimétriques avec écaillage en pelure d'oignon,
- coulée prismée ($x = 946,96$; $y = 323,80$; $z = 950$).

Épisode du Crémillot

C'est une période de grande instabilité tectonique qui induit une paléogéographie très diversifiée et par conséquent une grande variation des faciès à l'échelle de la carte avec de nombreux passages latéraux. Elle se subdivise en un premier temps caractérisé par des phénomènes intrusifs et en un deuxième temps marqué à partir du dépôt des grauwackes de Thann (¹vs) par des éruptions ignimbritiques.

En raison de différences paléogéographiques notables, les terrains de cet épisode qui affleurent dans le massif du Molkenrain sont traités séparément en fin de chapitre.

vs-1, vs-br. **Brèches volcaniques lie-de-vin et volcano-sédimentaires de Leimbach.** Ces deux termes correspondent à des brèches volcaniques situées à la base du Crémillot, mais dont l'isolement tectonique rend difficile leur positionnement lithostratigraphique dans l'épisode. Les brèches de Leimbach (vs-br) apparaissent stratifiées et contiennent des éléments de rhyolites connues à la base des formations du strato-volcan du Molkenrain. Les brèches volcaniques lie-de-vin sont cartographiées sous la forme d'une lanière tectonique à l'Est de la Karsprung. Elles sont connues aussi en petits affleurements dans les latites au Sud-Ouest de Bitschwiller.

vs-2. **Brèches et poudingues volcano-sédimentaires.** Les faciès bigarrés (rouges, bleus, verts...) sont les mêmes que ceux des brèches et poudingues volcano-sédimentaires du Crémillot définis sur la feuille Giromagny (Fourquin, 1973). Il s'agit de projections volcaniques déposées ou redéposées en milieu marin comme l'attestent les macrofaunes. La nature des éléments est diversifiée (plutonique, volcanique et sédimentaire). On identifie des roches appartenant à l'épisode du Crémillot (trachytes, latites, trachy-labradorites, syéno-diorites...) ou arrachées aux formations plus anciennes (labradorites, kératophyres...). A Bourbach-le-Haut, ils reposent sur des intrusions mises à l'affleurement par érosion durant cet épisode. Ils comportent des macrofaunes donnant un âge Viséen supérieur précoce (Heddebaut *in* Coulon *et al.*, 1975 a).

vs-3. **Microbrèches volcano-sédimentaires.** Lithostratigraphiquement, elles surmontent la formation précédente, dont elles ne diffèrent que par une granulométrie plus fine et une fraction plus importante de cristaux.

h2c1. **Grauwackes-lutites à arénites et lutites.** Elles se sont déposées dans un bassin subsident observable dans la région de Bourbach-le-Haut et plus à l'Est. Leur superposition aux labradorites confirme leur appartenance à l'épisode du Crémillot. Elles sont bien exposées dans les carrières de Bourbach-le-Bas. La sédimentation est caractérisée par des décharges importantes de matériel détritique qui donnent lieu à des mégaséquences grossières (rudites à arénites) plurimétriques alternant avec des niveaux fins (lutites) riches en plantes flottées. La fin de la sédimentation est annoncée par l'apparition de faciès blancs, fins, montrant des indices d'émersion (figures de dessiccation, ripple-marks, impacts de gouttes de pluie et paléosols avec traces de racines). Des processus de silicification affectent plus spécialement des niveaux fins de cette formation grauwackeuse. Il faut signaler l'enrichissement en carbonates de niveaux fins à Bourbach-le-Haut et la présence de couches d'antracite qui furent exploitées à la Knapphütte près de Bourbach-le-Bas. Du point de vue paléontologique, ces grauwackes présentent un grand intérêt puisqu'elles contiennent une partie des macrofaunes de Bourbach-le-Haut (Coulon *et al.*, 1975 a) ainsi que des microfauces et algues (Coulon *et al.*, 1978) qui ont donné un âge limite V2b-V3a. En outre, elles ont livré une macroflore abondante et bien conservée (Corsin *et al.*, 1973).

ατ. **Complexe des latites à biotite.** Le volcanisme se manifeste par des accumulations importantes de coulées durant la première partie de l'épisode du Crémillot et perdure au-delà des dépôts volcano-sédimentaires de Bourbach-le-Haut (vs et ¹vs). Les latites à biotite sont des laves roses, violacées ou grises à structure microlitique porphyrique. Les phénocristaux comprennent du plagioclase (andésine à labrador), de la biotite surchargée en oxydes de fer, du clinopyroxène en gros grains et exceptionnellement de l'amphibole brune. La mésostase consiste en un assemblage de microlites plus ou moins trapus de plagioclase dans un fond rendu souvent opaque par les oxydes de fer. L'analyse radiocristallographique y révèle la présence de feldspath potassique. Dans quelques cas, certaines laves possèdent des phénocristaux de plagioclase ou d'orthose mesurant jusqu'à 2 cm (gare de Masevaux).

1τ. **Trachyte inférieur.** Il forme des protrusions et des coulées aux alentours de Bourbach-le-Haut. Selon les cas, les structures sont microgrenues ou microlitiques porphyriques. L'analyse minéralogique met en évidence des phénocristaux d'orthose perthitisée, d'albite et de ferro-magnésiens (biotite surchargée en oxydes de fer et pyroxène pseudomorphose). Les microcristaux de la mésostase sont en général masqués par des oxydes de fer responsables de la teinte rouge-brique de la roche. Localement, en l'absence de cette surcharge, la roche devient grise.

ση. **Syéno-diorites hypovolcaniques.** Ce sont des roches éruptives directement apparentées au cortège des faciès de bordure du granite du Ballon d'Alsace, mais qui se mettent en place durant la première partie du Crémillot à des niveaux moins profonds, le long du couloir volcano-tectonique

Hundsruck-Amic. Elles recourent en particulier les labradorites et les grauwackes de Bourbach-le-Haut et ont été mises à jour par décapage de leur couverture durant l'épisode du Crémillot, comme le confirme leur recouvrement par les dépôts volcano-sédimentaires (vs-2). C'est donc là un nouvel argument stratigraphique de datation du plutonisme.

A l'affleurement, se note l'existence de deux faciès gris et rouge liés aux conditions d'oxydation. La structure varie depuis des termes franchement grenus à des termes microgrenus plus ou moins porphyriques. Les cristaux comprennent du quartz (0,5 à 4 %), de l'orthose maclée Carlsbad (29 à 36 %), bien individualisée dans les faciès grenus, deux types de plagioclases (labrador et surtout andésine) pour 35 à 45 %, de la biotite (1 à 4 %) toujours fortement altérée, du pyroxène (5 à 12 %). Il reste à signaler des plages diffuses de chlorite, du zircon, des baguettes d'apatite, de la prehnite logée dans d'anciens vides (miarolles ?) et des opaques (2 à 4 %).

Les intrusions sont recoupées par des filons d'aplite de quelques centimètres d'épaisseur, composée pour l'essentiel par de l'orthose (87 %) et du quartz (7 %), le reste se répartissant en plagioclase, pyroxène, biotite, amphibole et opaques.

τβ. Trachy-labradorites hypovolcaniques. Leur gisement se présente soit en réseau filonien très serré (Nord-Ouest de Bourbach-le-Haut, Nord-Est de Belacker) ou en massifs circonscrits. Le type a été défini au col Amic par C. Gagny (1968). Un massif analogue a été cartographié dans le vallon du Willerbach au Nord de Masevaux. Le faciès est reconnaissable par sa teinte gris-vert. De nombreux phénocristaux rectangulaires de plagioclase de quelques millimètres sont dispersés dans une matrice sombre. La structure est microgrenue porphyrique. Les phénocristaux comprennent des plagioclases basiques altérées (labrador) entourés d'une frange de feldspath alcalin, des clinopyroxènes à contour irrégulier, des olivines pseudomorphosées et des opaques. La mésostase est riche en feldspath potassique (petits cristaux maclés Carlsbad et plages xénomorphes imbriqués avec du quartz).

^ρτβ. Trachy-labradorites porphyriques. (erratum : sur la légende de la carte, lire ^ρ structure porphyrique et non ^ρ nature rhyolitique). C'est le célèbre « Porphyre vert antique de Bourbach-le-Haut », dont l'équivalent est connu à Belfahy (feuille Giromagny) dans la formation du Crémillot. En amont de Bourbach-le-Haut, une série d'écaillés tectoniques fragmentent du Nord au Sud, le corps du porphyre d'abord hypovolcanique puis effusif. Les faciès hypovolcaniques ont un fond microgrenu, tandis que les faciès effusifs sont microlitiques et vacuolaires. La roche est vert foncé, on y observe des phénocristaux de labrador parfois losangiques et des grains de pyroxène. L'olivine toujours entièrement pseudomorphosée en un mélange de chlorite et de calcite, est identifiée par ses formes cristallines. Le fond de la roche est composé de microcristaux de labrador, de pyroxène et d'orthose.

¹vs, ¹ρ³. Formation volcano-sédimentaire inférieure, ignimbrites rhyolitiques latitiques. Ce volcano-sédimentaire est calé stratigraphiquement dans la région de Bourbach-le-Haut où il est un équivalent latéral des dépôts

volcano-sédimentaires (vs-2) qui cachètent les diverses intrusions de ce secteur mises en place durant la première partie du Crémillot (période des intrusions). On y décèle des intercalations d'ignimbrites rhyolitiques ($i^1\rho^3$) indicatrices de zones momentanément émergées. A cette formation sont rapportés les niveaux les plus bas connus de la coupe du strato-volcan du Molkenrain, au Nord de Thann. A Bourbach-le-Haut comme à Thann, on a découvert la présence de troncs silifiés dont de magnifiques spécimens sont conservés au musée de Thann (Coulon et Lemoine, 1969 ; Kœchlin-Schlumberger et Schimper, 1862).

ρ^3 -1. **Latites quartzifères.** Le type en est pris au rocher de la Vierge de Niederbruck. Ce sont de belles porphyrites roses à texture parfois autoclastique. Les phénocristaux comprennent du quartz et de l'orthose en faible quantité, de l'andésine avec un zonage parfois récurrent, de la biotite altérée et du clinopyroxène en général peu altéré et disséminé en une nuée de grains très petits dont l'abondance est une caractéristique originale de ces roches. La mésostase contient en faible quantité de très fins microlites de plagioclase. La texture granophyrique témoigne de sa nature vitreuse initiale, on y décèle une fraction importante de feldspath potassique.

ρ^3 -2. **Rhyolites latitiques.** Le type en est pris à la côte 472 à l'Ouest de Kirchberg, le long de la route du Lachtelweiher. Ces laves roses ou violacées possèdent un inventaire minéralogique voisin de celui des ignimbrites rhyolitiques décrites ci-après. Les phénocristaux comprennent du quartz à golfes, de l'orthose atteignant des tailles centimétriques, de l'andésine zonée développant une auréole de réaction dans la mésostase, de la biotite et de l'amphibole totalement altérées et de nombreux cristaux de pyroxène altérés. La mésostase est microlitique ou vitreuse avec de belles structures de dévitrification (sphérolites de feldspath potassique...).

$i^7\rho^3$. **Ignimbrites rhyolitiques latitiques supérieures.** Les ignimbrites rhyolitiques apportent des données intéressantes pour la connaissance du magmatisme et de la paléogéographie régionale. Elles représentent l'équivalent effusif du granite du Ballon d'Alsace (Gagny, 1968) et semblent clore l'histoire des dépôts dans le domaine de la série de Thann proprement dite. Elles couvrent de grandes surfaces depuis le Molkenrain jusqu'au Baerenkopf, leur puissance peut atteindre 300 mètres. Ce sont des roches de teinte bleue ou brun-marron, riches en cristaux avec des éléments bréchiques étrangers. Fréquemment on y reconnaît de nombreuses flammes, mais elles peuvent aussi avoir le faciès « tufs à cristaux ». Les phénocristaux (indice porphyrique moyen 50) comprennent du quartz rhyolitique souvent en fragments (2 à 23 %), du feldspath alcalin (0 à 23 %) jamais maclé, craquelé et très peu altéré, du plagioclase (40 à 70 %) à basicité variable (oligoclase à andésine), de la biotite surchargée en oxydes de fer (4 à 16 %), du clinopyroxène (0 à 3 %), de la hornblende verte (2 à 20 %) et de rares minéraux opaques. La mésostase cryptocristalline, initialement vitreuse, riche en feldspath potassique possède des structures vitroclastiques, des lithophyses à remplissage de quartz-albite-chlorite et montre des phénomènes de soudure et de compaction à chaud. En outre, elle renferme de l'apatite, du zircon et des fibres de feldspath potassique. Les lithoclastes se répartissent, d'une part en ponces vacuolaires ou fibreuses et en masses de verre non vésiculées et, d'autre part en enclaves énallogènes diverses.

Strato-volcan du Molkenrain

C'est une entité paléogéographique en contact faillé au Nord-Ouest avec le linéament Karsprung-Amic et limitée au Sud par la faille de Bitschwiller. L'ensemble des formations est repris dans une vaste structure synclinale où l'on note des variations à caractère paléogéographique entre les flancs nord et sud. La conformité de tous les niveaux entre eux, leur participation au plissement et la présence de plantes viséennes dans les conglomérats à galets d'ignimbrites démontrent sans ambiguïté l'âge viséen de toute la série.

$^1vs, ^1\rho^3, i^1\rho^3, h2c2$. **Formation volcano-sédimentaire inférieure, latites quartzifères, ignimbrites rhyolitiques latitiques et grauwackes-rudites à arénites.** Le complexe est exclusivement présent sur le flanc sud de la structure synclinale. Il est constitué par des brèches volcano-sédimentaires (1vs) avec des intercalations ignimbritiques ($i^1\rho^3$) dans la partie supérieure et par les grauwackes de Thann ($h2c2$). Les brèches vertes et rouges présentent des faciès franchement éruptifs. Vers le haut, elles prennent un faciès sédimentaire à tendance conglomératique, puis la taille des clastes diminue pour aboutir, par disparition des éléments rouges de latites, aux grauwackes de Thann ($h2c2$) où de nombreux troncs silicifiés ont été découverts (Koechlin-Schlumberger et Schimper, 1862). Au Staufen (Sud de Thann) affleurent des latites microporphyriques ($i^1\rho^3$) à mésostase vitreuse avec parfois une structure en pyroméride. Elles sont reprises en abondance dans les éléments des brèches.

Les brèches et grauwackes de Thann sont surmontées par un empilement de laves, de projections, d'ignimbrites et de niveaux volcano-sédimentaires. De bas en haut, la succession s'établit comme suit :

$i^2\rho^3$. **Ignimbrites rhyolitiques latitiques**, très micacées, discontinues.

$^2\rho^3, i^3\rho^3$. **Latites quartzifères** avec intercalation discontinue d'**ignimbrites rhyolitiques latitiques**, parfois remaniées dans un niveau volcano-sédimentaire rouge.

$i^4\rho^3$. **Ignimbrites rhyolitiques latitiques micacées.**

$^2vs, i^5\rho^3$. **Formation volcano-sédimentaire moyenne. Ignimbrites rhyolitiques latitiques.** La teinte prédominante est le gris. La formation comporte des niveaux très fins siliceux, des grauwackes (lutites à arénites) et des conglomérats à galets d'ignimbrites, de latites, de grauwackes et de socle (granites, métamorphites...) et à ciment arénitique ayant souvent la composition des ignimbrites ; d'ailleurs des passées franchement ignimbritiques ($i^5\rho^3$) y sont intercalées. A l'Est du Wolfskopf, un gisement de plantes (Cor sin *et al.*, 1977 ; Coulon *et al.*, 1979) a fourni presque exclusivement une lépidophytale arbustive : *Lepidodendron losseni* dont l'excellente conservation (longs strobiles et bouquets de rameaux feuillés) témoigne d'un transport très faible et d'un milieu de sédimentation très calme.

$^3\rho^3$. **Latites quartzifères**, à faciès porphyrique remarquable, parfois auto-clastiques.

³vs. **Formation volcano-sédimentaire supérieure.** La couleur prédominante est le rouge. La formation comporte des niveaux très fins siliceux, des pélites de couleur kaki à rougeâtre ou noire, des grauwackes rougeâtres, des brèches de latites compactées emballant des troncs, des projections de granulométrie diverse ; il est parfois difficile d'y faire la part entre le sédimentaire et le volcanisme franc : l'image d'éruptions se produisant directement dans le milieu de sédimentation rend bien compte des faciès observés. En outre, il faut citer les remarquables conglomérats rouges dont les galets ont une taille souvent exceptionnelle (métrique) qui est indépendante de leur nature pétrographique : grauwackes rouges à mica blanc, latites, ignimbrites, éléments de socle tels que granites et migmatites de type Sainte-Marie-aux-Mines.

⁴ρ³. **Latites quartzifères.**

¹ρ³. **Ignimbrites rhyolitiques latitiques.**

⁵ρ³. **Latites quartzifères.**

¹ρ³. **Ignimbrites rhyolitiques latitiques supérieures.** La nappe ignimbritique a une puissance supérieure à 200 mètres. Des faciès flammés sont visibles au cimetière du Silberloch et au Riesenkopf. Une datation radiochronologique a donné un âge viséen à 337 Ma ± 11 (Montigny *et al.*, 1984). L'examen de ces faciès suggère la proximité d'un centre émissif.

● Ensemble supérieur

Il est constitué par une succession de niveaux sédimentaires et volcaniques qui, sur la feuille Thann, forment les reliefs les plus méridionaux du massif vosgien. D'Ouest en Est, on observe la disparition ou la réduction d'épaisseur de certains de ses termes. Tous les niveaux sédimentaires se sont révélés riches en plantes flottées souvent bien conservées (Corsin *et al.*, 1973).

h2c3. **Grauwackes-lutites inférieures.** Surmontant les brèches du Crémillot, ce niveau d'épaisseur variable (0 à 200 mètres) est constitué par une alternance de lutites et d'arénites fines, de couleur noire, riches en éléments charbonneux. Au col de Chantoiseau, s'observe le passage à l'épisode détritico sus-jacent.

h2c4. **Grauwackes-rudites à arénites inférieures.** De plus de 200 mètres d'épaisseur à l'Ouest, il s'agit d'un empilement de séquences granoclassées (rudites à arénites avec niveaux pélitiques absents ou très minces). Vers l'Est, sa puissance est considérablement réduite.

α. **Andésites porphyriques et brèches.** Cet épisode volcanique offre ses plus beaux affleurements au lieu-dit Pierre Écrite dans la Forêt de Sapins, à l'Ouest de la feuille. Il débute par des brèches trachy-andésitiques surmontées par des laves parfois porphyriques à faciès « Porphyre vert ». Les phénocristaux de plagioclase vert clair peuvent être centimétriques. Il s'agit d'une andésine An₃₂ souvent lacuneuse et altérée en produits micacés. Le

clinopyroxène de grande taille, peu altéré, reste en faible proportion. D'anciennes amphiboles sont totalement pseudomorphosées par un mélange de chlorite, de calcite et de quartz. Le fond surchargé de chlorite, de calcite, de grains de leucoxène et d'oxydes de fer laisse deviner des microlites de feldspath et des petits grains de pyroxène. L'analyse radio-cristallographique y décèle la présence de feldspath alcalin, toutefois en bien moindre quantité que dans le porphyre de Bourbach-le-Haut. Vers l'Est, les coulées disparaissent, il ne subsiste que des lentilles de brèches.

τ^2 . **Trachyte supérieur.** Le dôme-coulée du trachyte du Rosemont forme un paléo-relief contre lequel les niveaux détritiques supérieurs se terminent en biseau. La roche à pâte rouge brique ou parfois grise comporte des phénocristaux de feldspath blanc et des paillettes de mica. Les phénocristaux (indice porphyrique 26) comprennent du quartz (5%) montrant des stades successifs de croissance et des bourgeonnements de cristallisation tardive, de l'orthose (53%) en grandes lattes incluant des facules d'albite, d'oligoclase, de biotite et d'apatite, de l'oligoclase (31%) souvent en agrégats avec du feldspath potassique et de la calcite et enfin de la biotite altérée et surchargée en oxydes de fer. La mésostase holocristalline possède une structure de grain très fin et contient du quartz en partie secondaire, du feldspath potassique en microlites ou en plages xénomorphes, de l'oligoclase, de fines paillettes de biotite, de la chlorite, des baguettes d'apatite et un piquetis dense de minéraux opaques.

h2c5. **Grauwackes-arénites médianes.** C'est un ensemble d'une épaisseur d'environ 100 mètres au Sud du col du Chantoiseau, mais nettement réduit vers l'Est. La base au contact des volcanites sous-jacentes est conglomératique (galets de trachyte, d'andésite et galets mous). Vers le haut, la majeure partie du sédiment est représentée par des minéraux clastiques (quartz, feldspath et mica) dans un ciment chloriteux et calcitique.

h2c6. **Grauwackes-lutites médianes.** De teinte beige, elles forment à l'Ouest un niveau épais d'une centaine de mètres, alternance régulière de bancs décimétriques de classes granulométriques différentes allant des arénites fines aux lutites et présentant des micro-granoclasses. Elles recèlent une flore viséenne (Corsin *et al.*, 1973).

h2c7. **Grauwackes-arénites grossières.** Homogènes et épaisses (150 à 200 mètres) à l'Ouest, elles sont très typiques macroscopiquement par leur faciès d'arkoses à taches vertes. Les minéraux clastiques (feldspath peu altéré, quartz et phyllites abondantes) sont inclus dans un ciment quartzo-feldspathique.

h2c8. **Grauwackes-lutites supérieures.** D'épaisseur médiocre, elles sont souvent laminées par la masse importante des volcanites supérieures. De couleur noire, elles contiennent de fins éclats de quartz et du feldspath dans un ciment argileux. A Planche-le-Prêtre, on y observe des passées volcanosédimentaires grossières (conglomérats) de nature rhyodacitique, première manifestation de l'épisode volcanique suivant.

ρ^4 . **Tufs et ignimbrites rhyodacitiques.** Ils affleurent dans une gouttière synclinale Est-Ouest butant au Sud contre un accident tectonique. L'épais-

seur peut atteindre 300 mètres. La roche est en général de couleur bleue avec des phénocristaux bien visibles. Par contre, elle peut se teinter en rose à l'approche des zones tectonisées. De Masevaux à Lauw, on observe de bas en haut :

- des tufs (50 à 100 mètres),
- des ignimbrites formant la masse principale de la formation,
- des niveaux volcano-sédimentaires (conglomérats et cendres),
- des ignimbrites terminales.

Dans la vallée de Saint-Nicolas, les tufs de la base prennent un grand développement, mais restent surmontés par des ignimbrites. A l'Ouest du vallon de Saint-Nicolas, le matériel pyroclastique est uniquement représenté par des tufs, le régime d'émission apparaît monophasé (Fourquin, 1966 b ; Coulon et Paicheler, 1975).

Tufs et ignimbrites possèdent sensiblement la même composition minéralogique. L'indice porphyrique varie de 30 à 50 du Nord au Sud de la formation. Les phénocristaux comprennent du quartz (1 à 6 %), des plagioclases de composition variée allant de An₂₂ à An₄₂ (60 à 90 %), de la biotite altérée (8 à 23 %), du pyroxène (0 à 3 %), de l'amphibole (4 à 17 %) en général transformée en un mélange de chlorite et de calcite et enfin de rares minéraux opaques. Aussi bien dans les tufs que dans les ignimbrites, de nombreux éléments sont inclus dans la mésostase : anciennes masses de verre non vésiculées, ponces, enclaves grenues homogènes et rares enclaves énallogènes. Les ignimbrites sont caractérisées par des structures vitroclastiques millimétriques en X ou en Y et des flammes à bordure axiolitique. Sous leur propre charge, elles sont le siège de phénomènes de compaction et de soudure à chaud qui provoquent l'aplatissement des structures vitroclastiques et la déformation des enclaves et des flammes au contact des phénocristaux.

Permien

La feuille Thann comprend les deux-tiers du bassin de Giromagny, diverticule NE du bassin de Ronchamp. Des assises permienues apparaissent également en étroits panneaux dans le champ de fractures de Vieux-Thann. Le Permien du Sud des Vosges est essentiellement constitué de formations détritiques continentales à teintes rouges prédominantes. Elles sont conglomératiques, gréseuses à silto-argileuses, mal ordonnées et mal stratifiées.

D'assez nombreux forages carottés ont permis de subdiviser la série permienne du bassin de Ronchamp-Giromagny, en 6 unités lithostratigraphiques (COGEMA et G. Creuzot, 1983 ; fig. 1). Les deux unités supérieures ne sont pas représentées sur la carte. L'épaisseur de chacune de ces unités est assez variable d'un sondage à l'autre et les valeurs indiquées pour chacune d'entre elles doivent être considérées comme un ordre de grandeur. Très schématiquement, elles s'ordonnent en 2 mégaséquences positives (unités 1-2 et unités 4-5) séparées par une couche de transition (unité 3).

Seule la base de la série a livré des restes végétaux :

- une macroflore, comprenant essentiellement des espèces du Stéphanien moyen, avec en particulier *Pecopteris cyathea* et *Annularia stellata*, mais

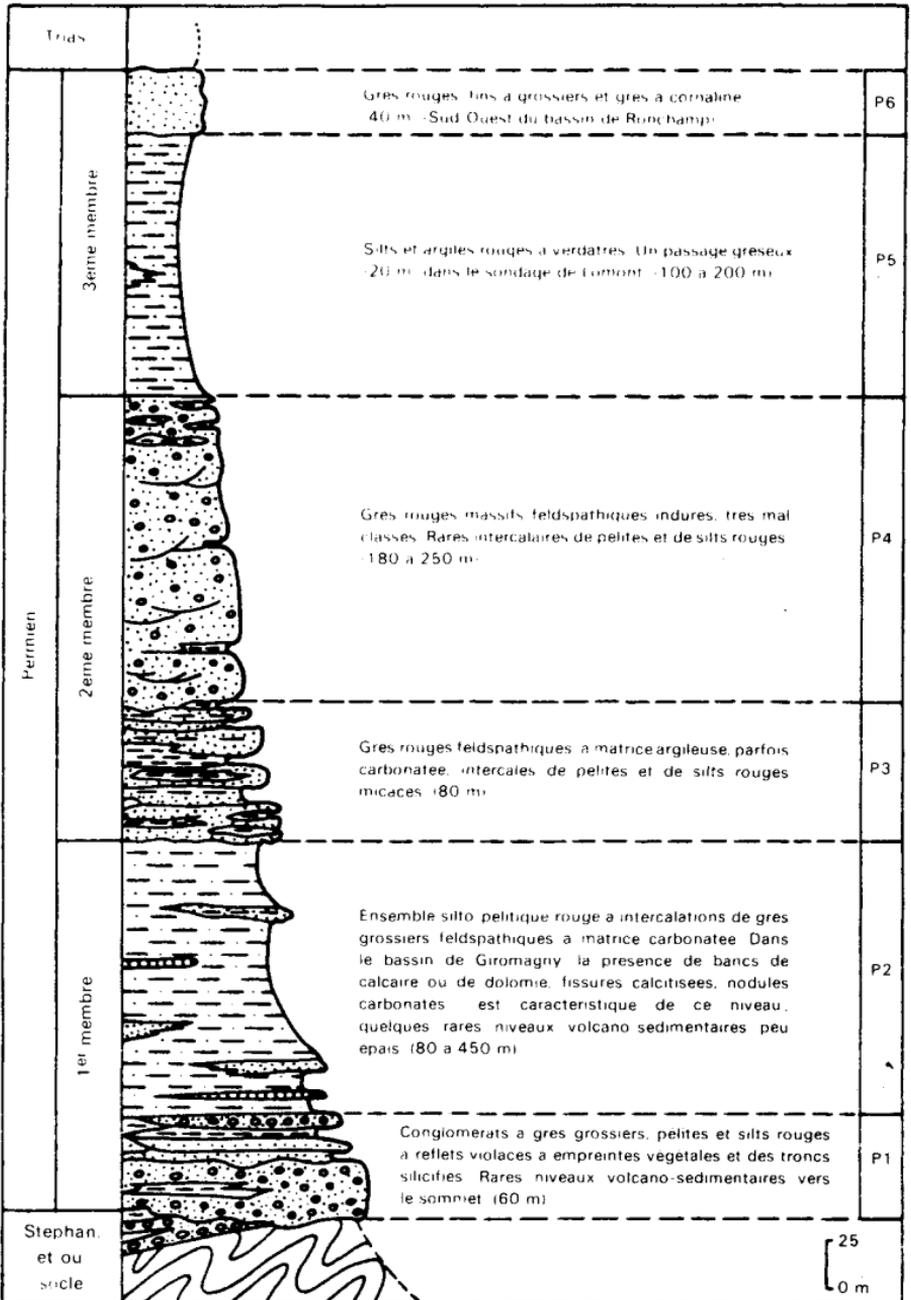


Fig. 1 - Coupe lithostratigraphique synthétique du bassin permien de Ronchamp-Giromagny, d'après G. Creuzot (1983)

aussi quelques espèces réputées autuniennes (*Callipteris conferta* et *Sphenophyllum angustifolium*; Vélain et Michel-Levy, 1911; Mathieu, 1948 et 1968);

— une microflore, assez riche dans un sondage au bois du Châtelet, comprenant des espèces (*Spinospirites spinosus* et *Potonieisporites novicus*), connues seulement dans le Stéphanien tout à fait supérieur et l'Autunien inférieur (Creuzot, 1983). Les attributions stratigraphiques doivent donc être considérées avec prudence et elles ont été figurées, à titre indicatif, d'après le contexte d'ensemble du Permien des Vosges. Les différentes unités ne peuvent être identifiées sur des coupes de hauteur inférieure à 20 m. G. Creuzot (1983) présente des analyses chimiques effectuées sur les faciès fins de sondages effectués à Bourg-sous-Châtelet, Petit Magny et Etueffont-Bas (analyses CEA - CEN - FAR) et des analyses d'argiles indiquant la prédominance d'illite parmi la fraction argileuse et la présence de kaolinite, à la base de la série.

Autunien probable

Entre le Stéphanien et le Permien, le passage est souvent progressif. Il se marque par la substitution de faciès rouges aux dépôts volcano-sédimentaires gris du faisceau de Ronchamp.

rA - Alternance de microconglomérats et de grès fins. L'unité inférieure du Permien a une soixantaine de mètres d'épaisseur environ. Elle affleure assez mal à l'Est et au Sud-Ouest d'Etueffont-Bas. La formation rA présente un faciès molassique non carbonaté constitué par une alternance irrégulière de niveaux détritiques grossiers et fins.

Les conglomérats, à éléments de quelques millimètres de longueur avec des passées et des parties plus grossières ont une épaisseur de l'ordre de 1 à 6 m. Elle est plus importante pour certains d'entre eux. Les éléments, sub-jointifs verdâtres ou rougeâtres sont constitués par des galets et des fragments de roches volcaniques essentiellement acides et grauwackes, rarement de granite. La matrice est un grès grossier, rouge, hétérogranulaire et généralement arkosique.

Les niveaux fins, grésopélitiques à silteux ont une teinte rouge à violacée avec de rares intercalations blanchâtres ou verdâtres. Ils ont une épaisseur de même ordre de grandeur que les conglomérats, sauf dans la partie supérieure de la formation où les faciès détritiques fins deviennent prédominants. Certaines passées sont finement litées. La série contient éventuellement quelques minces intercalations blanchâtres de cinérites. 1 200 m au Nord-Est d'Etueffont-Bas, G. Creuzot (1983) a observé des empreintes de fougères (*Pecopteris* sp.) dans des pélites silteuses lie-de-vin.

rB - Siltites argileuses rouge-brique à intercalations de conglomérats et de grès, avec quelques passées carbonatées et fins niveaux de cinérites. Cet ensemble apparaît comme la suite, en mégaséquence positive, de l'unité précédente, avec une granulométrie beaucoup plus fine. Généralement, les niveaux très fins prédominent, mais l'épaisseur cumulée des niveaux gréseux et conglomératiques peut être localement supérieure. Cer-

tains niveaux sont épais et massifs avec des épaisseurs dépassant 10 m et exceptionnellement 20 m. L'épaisseur totale de l'unité rB est importante, souvent supérieure à 100 m ; elle atteint 166 m au bois du Châtelet (Creuzot, 1983).

Les siltites argileuses, à litage fruste ou à peine visible ont la teinte et l'aspect caractéristique des niveaux fins du Permien de l'Europe moyenne. De place en place, elles renferment des taches et des petits nodules diffus d'une « matière cireuse » blanchâtre, verdâtre ou violacée. Examiné en diffractométrie, un échantillon de cette matière a été déterminé comme un silt très argileux riche en illite accompagnée de minéraux argileux interstratifiés irréguliers (illite-smectite). Des études ultramicroscopiques et micro-analytiques seraient nécessaires pour déterminer si l'aspect cireux est lié à une morphologie particulière d'une des phases minérales ou à la présence d'amorphes. En outre, les siltites sont souvent parsemées de taches et passées décolorées blanchâtres ou blanc verdâtre.

Les niveaux grossiers, rouges, plus rarement blanchâtres sont constitués de grès fins, de grès grossiers arkosiques, de grès conglomératiques et de conglomérats fins à éléments de grès et de pélites blancs, gris et rouges.

Les carbonates, généralement de la calcite (Creuzot, 1983), apparaissent en bancs décimétriques, en nodules rognoneux ou de manière diffuse, dans les vides et les fissures. Les niveaux de cinérites ont une teinte blanchâtre, grise ou violacée.

L'unité rB affleure bien au bord de la D 25, à l'entrée du stade de Saint-Germain-le-Châtelet (Creuzot, 1983), vers le quartier est d'Etueffont, au pied du Mont Bonnet et au Nord-Est d'Etueffont, près de la ferme des Gouttes Combées (affleurement riche en matière cireuse).

Saxonien probable

rC - **Alternance de conglomérats, de grès et de silts.** Cette unité apparaît comme un terme de passage entre les unités rB et rD. A l'ensemble des conditions de sédimentation qui ont réglé le dépôt de l'unité rB semblent se superposer les apports détritiques grossiers qui prédomineront dans l'unité rD. Il en résulte un degré d'organisation moindre que dans l'unité rB. Il devient souvent difficile de reconnaître une organisation en séquences. Le litage est absent ou fruste. Matériaux fins et grossiers sont souvent intimement mêlés. La présence de niveaux à gros blocs et de grès grossiers ayant l'aspect d'arènes granitiques reconstituées, avec des biotites peu altérées, suggère l'arrivée simultanée dans le bassin de matériaux d'origine relativement lointaine et d'autres d'origine très proche provenant de la désagrégation d'un socle. La teinte rouge est prédominante. Les niveaux grossiers sont souvent plus clairs, rosâtres ou blanchâtres (richesse en feldspaths ; ciment parfois carbonaté). Les niveaux fins, des grès silteux, sont souvent micacés. Généralement mal individualisés, les bancs ont des épaisseurs variables, de quelques centimètres à quelques mètres. L'épaisseur de l'unité rC est de l'ordre de 50 à 100 m.

La carrière située au Sud de la D 12 entre Rouge-Goutte et Gros-Magny montre une coupe très représentative de l'unité rC (Creuzot, 1983).

rD - **Conglomérats.** L'unité supérieure du bassin permien de Giromagny est constituée par une masse de grès feldspathiques microconglomératiques et de conglomérats mal stratifiés et mal classés. Les intercalations grésopélimitiques sont rares et peu épaisses. Les éléments dont la longueur dépasse rarement 5 cm, de forme anguleuse à arrondie, présentent un spectre pétrographique varié : microgranites, granites, rhyolites, quartz, grauwackes et grès permien remaniés.

La matrice est grésopélimitique (teinte rouge) ou arkosique (teinte claire) et peut être faiblement carbonatée. L'unité rD apparaît comme l'accumulation de matériaux, selon un régime fanglomératique à torrentiel, provenant de la désagrégation d'un socle situé à faible distance. Son épaisseur est importante 100 à 200 m, sans tenir compte de la partie supérieure de l'unité qui a été érodée. La tranchée de la D12 entre Grosmagny et Petitmagny, assez profonde, montre très bien le faciès d'ensemble de l'unité rD.

r - **Permien indifférencié des collines sous-vosgiennes : microconglomérats, arkoses, grès pélimitiques et silts argileux rouges à violacés.** Les assises permiennes forment le soubassement de panneaux relativement étendus dans le champ de fractures situé à l'Est de Rougemont-le-Château. En l'absence de bons affleurements et de sondages, il est mal connu dans ce secteur. Dans le champ de fractures de Vieux-Thann-Wattwiller, il affleure dans le vallon situé au Nord de Vieux-Thann et sur le flanc sud-ouest du Sandgrubenkopf (éperon situé à 800 m au Nord-Est du Hirtzenstein). Ces affleurements exposent de façon modeste des grès arkosiques et conglomératiques, à éléments de grauwackes et de roches volcaniques ainsi que des grès fins pélimitiques et des silts argileux rouges à rouge-violacé. L'épaisseur du Permien de Vieux-Thann semble faible, inférieure à 10 m.

Dans le champ de fractures de Lauw, S. Gillet et D. Schneegans (1935) indiquent que les assises attribuées au Permien comprennent, à la base, des arkoses rouges ou jaunes, souvent conglomératiques (avec intercalations de schistes); au sommet des argiles rouges épaisses d'une dizaine de mètres environ.

FORMATIONS SECONDAIRES

Les Vosges du Sud, dans leur parties alsacienne et belfortaise n'ont conservé aucun témoin de leur couverture de formations secondaires. Celles-ci n'affleurent que dans les collines sous-vosgiennes. Dans le domaine rhénan, quelques sondages profonds ont traversé les formations marneuses et calcaires du Jurassique moyen et supérieur (voir tableau en fin de notice). Les principales données concernant le champ de fractures de Vieux-Thann nous ont été fournies par la SNEAP (travaux de G. Hirlemann). La zone la plus riche en affleurements est la colline des carrières au NE de Lauw (fig. 2).

Trias

De type germanique, le Trias du Sud de l'Alsace en présente la trilogie classique dans ses faciès lorrains et alsaciens :

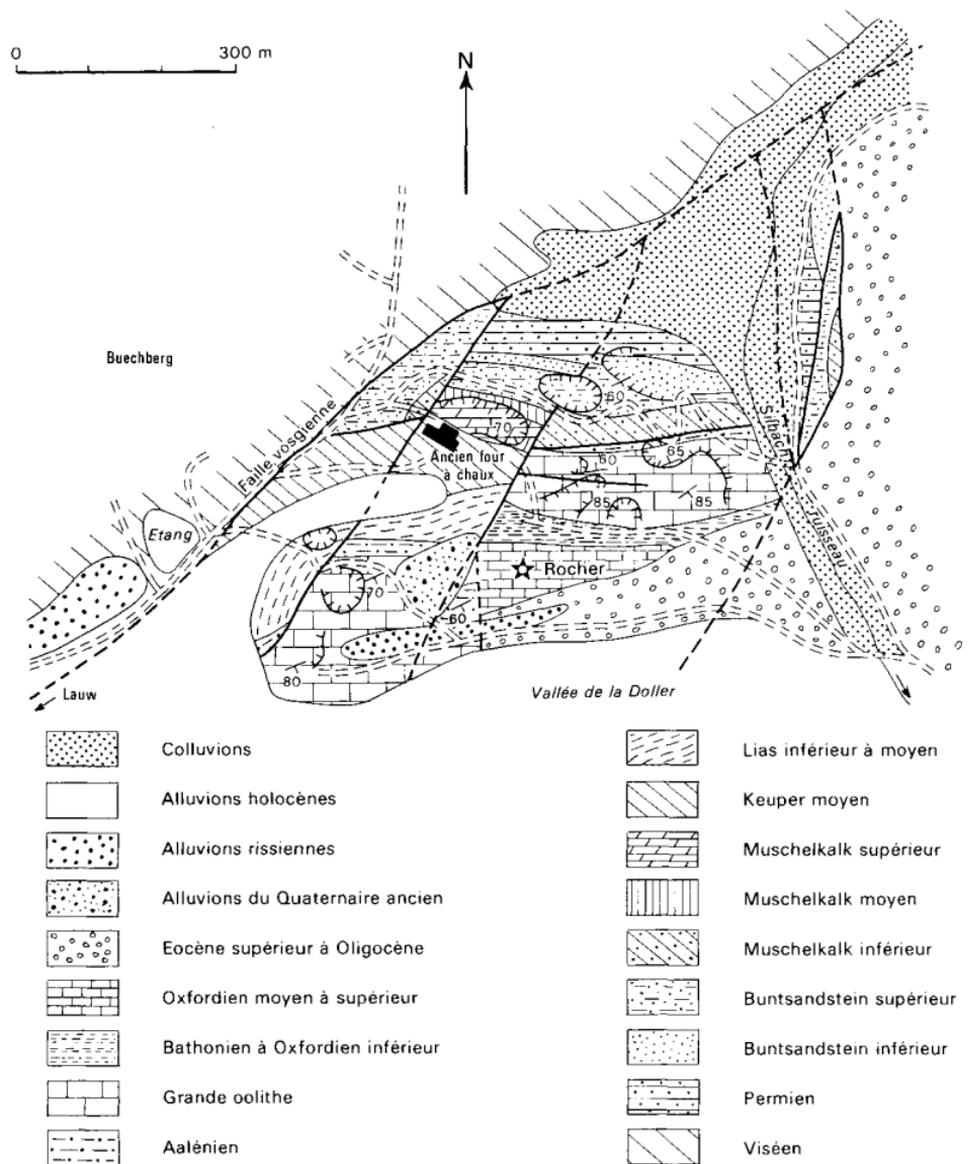


Fig. 2 - Carte géologique de la colline des carrières au Nord-Est de Lauw, d'après S. Gillet et D. Schneegans (1935), modifié

- Buntsandstein : grès rouges correspondant à d'anciens dépôts détritiques de plaine d'épandage fluviale.
- Muschelkalk : calcaires et marnes de plateforme et vasières marines littorales.
- Keuper : siltites et marnes à évaporites déposées dans des lagunes plus ou moins sursalées.

La partie inférieure du Buntsandstein (du grès vosgien aux Couches intermédiaires) est réduite et condensée en raison de la proximité de la limite méridionale de la plaine d'épandage lotharingo-alsacienne du Trias inférieur (Ricour 1962, Durand 1978).

t1b. **Buntsandstein moyen : Grès vosgien, Grès de l'Arsot, t1c Conglomérat principal.** En Alsace, l'épaisseur du *Grès vosgien* décroît du Nord vers le Sud (Ricour, 1962). Sa puissance se réduit de 60 m aux environs de Guebwiller à quelques mètres dans les collines belfortoises (Hirlemann, 1972). Dans le champ de fractures de Thann, il a une quarantaine de mètres d'épaisseur et il présente son faciès classique : grès rose plus ou moins feldspathique, à grain moyen, avec des passées conglomératiques à galets de quartz et de quartzite. Il est souvent blanchi et très cimenté à proximité des failles. Dans le champ de fractures de Lauw, il a été observé sur une épaisseur de 25 m par L. van Werweke (1892) et serait constitué de « grès rouge violet et blanc rayé argileux ». Dans le champ de fractures de Leval, on observe un faciès particulier meuble (cf. Grès de l'Arsot, Durand, 1978) jadis exploité comme sable de fonderie. Son épaisseur est de l'ordre de 15 à 20 m. Seule sa partie supérieure affleure encore ; elle présente des alternances de couches de sable moyen rose et de grès très tendre, silteux, lie de vin de 0,5 à 2 m d'épaisseur. Les lits silteux présentent souvent des débits micacés et des fines intercalations blanchâtres.

Le *Conglomérat principal* (t1c) comprenant des grès conglomératiques et des conglomérats formés de matériaux semblables à ceux du Grès vosgien, a 7 à 8 m d'épaisseur dans le champ de fractures de Vieux-Thann. Dans celui de Lauw, L. van Werweke (1892) lui assigne 2,20 m au-dessus de 2 m de grès rouge à galets. Cependant, il affleure sur un ancien front de taille ($x = 952.250$; $y = 317.775$) avec une épaisseur de 0.30 m seulement au-dessus du Grès vosgien sous son faciès classique. Il est recouvert par 0.15 à 0.20 m de silt violacés (zone limite violette). Dans le champ de fractures de Leval, il apparaît en carrière constitué par un ou plusieurs bancs épais de 0.8 à 1.5 m de sables ou grès conglomératiques roses séparés par des bancs de sable moyen rose ou de sable fin silteux lie-de-vin.

t2. **Buntsandstein supérieur : grès rouge avec intercalations d'argile brun-rouge.** Dans le champ de fractures de Vieux-Thann, les *Couches intermédiaires* (t2a) ont une épaisseur réduite : 7 m environ. Elles sont constituées de grès ocres à roses, à grain fin à moyen, avec des intercalations de lits verdâtres centimétriques. Le *Grès à Voltzia* (t2b) présente le même ensemble de faciès qu'en Alsace moyenne et septentrionale. Son épaisseur est relativement importante (22 à 23 m). C'est un grès gris à rose, à grain fin micacé, à muscovite très abondante à la surface des bancs (Grès à meule). Dans sa partie supérieure, il se charge en intercalations argilo-silteuses rouges (Grès argileux). Le modèle sédimentologique observé par J.- C. Gall

(1971) plus au Nord, s'applique vraisemblablement encore à la région de Thann. Le caractère ponctuel des données d'observation n'a pas permis d'en reconnaître tous les éléments.

Dans le champ de fractures de Lauw, L. van Werweke (1892) a observé à la base du Buntsandstein supérieur, un grès avec intercalation d'argile brun-rouge, pauvre en galets, épais de 0.70 m, surmonté par un grès micacé sans galets jaune-ocre (2 m).

Dans la coupe observée aux points de coordonnées ($x = 952,250$; $y = 317,775$) la zone limite violette est surmontée par 4 m de grès un peu argileux rouge lie-de-vin, présentant le faciès banal des Couches intermédiaires. Leur épaisseur est vraisemblablement peu importante. Le Grès à Voltzia, paraît bien développé à sa partie supérieure. Le Grès argileux, sous son faciès classique, a encore été observé à Leval.

t3. **Muschelkalk inférieur : dolomies litées et ondulées, grès fins et silts gris à ocre.** Dans le champ de fractures de Vieux-Thann, le Muschelkalk inférieur débute par des grès fins grisâtres plus ou moins silteux et argileux et des siltites à débits micacés. Ce faciès gréseux (Grès coquillier *s.l.*) est bien développé avec une épaisseur de 25 à 30 m. Il est surmonté par des dolomies finement litées et ondulées à nombreuses figures de courant (flute-marks ; cf Wellendolomit, voir notice de la carte à 1/50 000 Saverne). Les dolomies sont plus ou moins silteuses et argileuses. Leur épaisseur est importante, au moins de l'ordre de 20 m. La partie sommitale du Muschelkalk inférieur, qui comprend classiquement la Dolomie à *Orbicularis* n'a pu être identifiée avec certitude. Cette assise est probablement représentée ; son épaisseur est de l'ordre de 10 m plus au Nord (Hirlemann, 1972).

Dans le champ de fractures de Lauw, un petit affleurement rocheux montre le Grès coquillier sous son faciès classique : grès ocre micacé à empreintes de mollusques accompagnées ou non de brachiopodes.

750 m à l'Est de la lisière orientale de la feuille, le sondage Sweighouse 2 (413.5.49, feuille Mulhouse) a traversé 42 m de formations attribuées au Muschelkalk inférieur : 36 m de grès gris clair, compact à grain fin, surmontés par 6 m de dolomie brune légèrement gréseuse. Dans le champ de fractures de Leval, le sondage 6.1010 a traversé 49 m d'une alternance de grès rouges micacés et de bancs argilo-sableux correspondant probablement à l'ensemble du Muschelkalk inférieur et du Buntsandstein supérieur indifférenciés.

t4. **Muschelkalk moyen : dolomies argileuses, marnes noires à veines blanches.** Les assises du Muschelkalk moyen affleurent très mal dans le domaine considéré. Elles sont très mal connues. Dans le champ de fractures de Vieux-Thann, le faciès « marneux » à gypse et éventuellement sel gemme, a été observé sur quelques mètres sous l'aspect de marnes noires et de dolomies à veines cristallines blanches (pseudo- morphoses de gypse ou d'anhydrite en quartz et dolomie). Le faciès supérieur carbonaté est représenté par des dolomies argileuses gris-clair, très finement grenues à nodules et veinules cristallins blancs (dolomie et/ou quartz). Dans le champ de

Lauw, S. Gillet et D. Schneegans (1935) ont observé les dolomies cellulaires typiques de la partie supérieure du Muschelkalk moyen. L'épaisseur des assises du Muschelkalk moyen n'a pu être évaluée de façon satisfaisante. Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), 102 m de couches ont été attribuées au Muschelkalk moyen, 47 m de sel gemme à rares intercalations de marnes grises, avec à la base 2 m de marnes grises et verdâtres argileuses dolomitiques et un peu gréseuses. Cette masse de sel gemme est surmontée par du gypse épais de 25 m avec peu de marne grise dolomitique puis par 30 m de marne grise dolomitique à gypse et anhydrite moins abondants vers le sommet.

15. **Muschelkalk supérieur : dolomies et calcaires dolomitiques gris.** Dans le champ de fractures de Vieux-Thann, le Muschelkalk supérieur comprend à la base des dolomies massives, épaisses d'une vingtaine de mètres que l'on peut rapporter au Calcaire à Entroques. Au-dessus, des dolomies grises à passées litées, plus ou moins fissurées, et comprenant des remplissages karstiques dolomitisés, correspondent aux Couches à Cératites. Ces assises ont subi d'importantes recristallisations et leur structure sédimentaire initiale est mal conservée. L'épaisseur des Couches à Cératites semble être au moins de l'ordre de 30 m. Elles passent insensiblement vers le haut, aux dolomies inférieures de la Lettenkohle.

Au Sud de Rammersmatt, des calcaires du Muschelkalk supérieur, à l'état de brèche (brèche tectonique ou brèche de karst) sont encore visibles au fond de deux petites carrières, abandonnées de longue date.

Dans le champ de fractures de Lauw, une carrière dont l'exploitation est aujourd'hui arrêtée, est ouverte dans les calcaires du Muschelkalk supérieur. Ils sont constitués de gros bancs de calcaire gris ; à parties dolomitiques, très redressés avec un pendage de 60° vers le Sud. *Cœnothyris vulgaris* et *Lima lineata* y ont été récoltés. Certains bancs sont bourrés de débris d'entroques. L'épaisseur de la masse calcaire exploitée est de l'ordre de 15 m. Elle correspond au Calcaire à Entroques et à la base des Couches à Cératites.

J. Dellos et J. Kœchlin-Schlumberger (1966) signalent un lambeau de Muschelkalk supérieur au NE de l'église de Saint-Germain et au pied de l'escarpement des collines formées par les assises permienes.

Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), la série du Muschelkalk supérieur a une épaisseur de 47 m. Elle comprend 5 m de dolomie brune siliceuse à la base, surmontée par 28 m de calcaire vacuolaire à rares passées marneuses, riche en filonnets de calcite, puis par 14 m de calcaire gris beige à joints marneux.

16. **Keuper inférieur (Lettenkohle) : (terrains non affleurants).** En sondage, la partie inférieure de la Lettenkohle dolomitique, est indistincte des dolomies du Muschelkalk supérieur, l'ensemble formant une masse dolomitique ou calcaro-dolomitique d'une puissance de l'ordre de 70 m. On peut admettre que les 10 m supérieurs de cette masse correspondent approximativement à la Lettenkohle inférieure. La Lettenkohle moyenne est représentée par une succession de niveaux de silts et de dolomies silteuses, gris, avec quelques intercalations de grès fin, l'ensemble ayant une épaisseur minimale de l'ordre de 10 m. Au sommet, un banc métrique de dolomie sableuse

à consistance plus ou moins marneuse, de teinte gris-jaunâtre pourrait représenter la dolomie limite (= Lettenkohle supérieure) sous un faciès peu fossilifère. Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), 18 m de « calcaire dolomitique brun à beige à inclusions marneuses compactes » ont été attribués à la Lettenkohle. Les 5 m de dolomie brune compacte avec marnes argileuses gris foncé qui le surmontent pourraient encore appartenir à la Lettenkohle.

t7-9. **Keuper moyen (Keuper au sens restreint des auteurs français) : argiles silteuses noires ou bariolées, avec gypse et anhydrite.** Les Marnes irisées inférieures ont été reconnues en sondage dans le champ de fractures de Vieux-Thann. Elles sont représentées par des argiles silteuses grises à noires, à rares passées bariolées de rouge ou de vert, nombreuses veinules et minces lentilles de gypse et d'anhydrite. Leur épaisseur serait supérieure à 80 m.

Au Nord-Ouest de Wattwiller, G. Hirlemann (inédit) a observé des grès jaunes pouvant correspondre aux Grès à Roseaux. Les Marnes irisées supérieures n'ont été observées que dans le champ de fractures de Lauw. Les descriptions de J. Delbos et J. Kœchlin-Schlumberger (1866) évoquent leur faciès classique « roche friable d'une couleur passant du blanchâtre » (dolomie silteuse probable) « au violet » (silt dolomitique probable). Observées au fond de fouilles de reconnaissance sur une épaisseur non indiquée, elles apparaissaient recouvertes par 0.5 à 2 m de dolomie caverneuse.

Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), les Marnes irisées inférieures : « marne argileuse grise à gris foncé avec gypse, anhydrite et passées de dolomie grise » ont une épaisseur de 100 m. Le Grès à Roseaux est représenté par 14 m de grès argileux micacé à grain fin ; les Marnes irisées moyennes ont une épaisseur de 6 m et la Dolomie de Beaumont, gris beige, compacte, à 10 m. Les Marnes irisées supérieures sont représentées par 16 m de « marne dolomitique verdâtre » à intercalations de dolomie marneuse grise à gris-verdâtre.

t10. **Keuper supérieur (Rhétien) : (terrain non affleurants).** Dans le champ de fractures de Lauw, les anciennes fouilles citées dans l'alinéa précédant ont traversé entre les marnes du Lias et les marnes irisées supérieures :

— des « schistes noirs à empreintes de Fucoïdes avec petits amas lenticulaires de lignite noir ». Leur épaisseur (non indiquée) est faible (ensemble Rhétien + Sinémurien : 8 à 10 m). Ces schistes correspondent probablement aux pélites noires, généralement associées aux Grès rhétiens.

— des grès verdâtres, très fins, avec quelques paillettes de muscovite, épais de 1 à 1.50 m représentent probablement le Grès rhétien.

Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), le Grès rhétien est représenté par 10 m de grès gris blanchâtre, à grain moyen avec intercalation de marne argilo-gréseuse.

Jurassique

Les formations jurassiques comprennent essentiellement trois types de faciès :

- des silts argileux et calcaireux gris (« marnes »), dépôts de bassin marin calme,
- des calcaires fins, argileux ou non, gris ou blancs, dépôts de plate-forme en milieu marin calme,
- des calcaires oolithiques et bioclastiques beiges à jaunâtres, dépôts de plate-forme en milieu marin turbulent (« milieu de haute énergie »).

La répartition dans le temps et dans l'espace de ces différents types de dépôts est liée à l'évolution relative de deux domaines paléogéographiques : un bassin souabe subsident à l'Est (« faciès marneux souabes ») tendant à s'étendre vers l'Ouest, en particulier au Lias, et du Callovien supérieur à l'Oxfordien inférieur ; un domaine s'étendant des Ardennes au Jura où ont tendance à s'établir des plates-formes à sédimentation carbonatée. Les variations d'extension et de disposition de ces plates-formes, avec même quelques périodes d'effacement complet au profit du bassin souabe, ont nettement différencié les diverses formations jurassiques dans l'Est de la France. Le territoire couvert par le Sud de l'Alsace s'est trouvé en domaine de plate-forme au Bajocien supérieur (Grande Oolithe) et à l'Oxfordien moyen. Pour plus de détail, le lecteur pourra consulter la synthèse paléogéographique du Jurassique français (1980)*.

11-8. **Lias inférieur à moyen. Marnes et calcaires gris.** Dans le champ de fractures de Vieux-Thann, des indices de Lias inférieur ont été observés juste à l'Ouest de Wattwiller (secteur du château des Châtaigniers) et « en face de l'église de Vieux-Thann ». J. Delbos et J. Kœchlin-Schlumberger (1866) y ont reconnu, en déblais, les marnes et calcaires à Gryphées.

Dans le champ de fractures de Rammersmatt, les marnes du Lias constitueraient selon N. Théobald (feuille à 1/80 000 Mulhouse) le sommet du panneau septentrional.

Dans le champ de fractures de Lauw, la série du Lias inférieur à moyen a été reconnue par J. Delbos et J. Kœchlin-Schlumberger (1866) dans la prairie située à l'Est de l'Etang-de-la-Carrière, pentée de 20° vers le Sud avec :

- les marnes et calcaires à Gryphées (*Hettangien-Sinémurien*) sous leur faciès classique (calcaires gris-bleu foncé, spathiques avec intercalations marneuses), avec l'ammonite de zone *Psiloceras planorbis***.

La mention d'une autre ammonite de zone *Echioceras raricostatum* indique que le Sinémurien supérieur (Lotharingien) est représenté.

- Les calcaires argileux du *Carixien* (Pliensbachien de E. Haug) avec les ammonites de zone *Uptonia jamesoni* et *Prodactylioceras davoei*, anciennement exploités pour chaux hydraulique. Les calcaires gris-clair indiqués par S. Gillet et D. Schneegans (1935) pour la partie inférieure du Domérien renferment encore une faune du Carixien avec *Aegoceras capricornu* (sous-zone de la zone à Davoei), *Lyogryphaea cymbium* et *Waldheimia (Terebratula) numismalis*.

* établie par le Groupe français d'étude du Jurassique, voir la référence dans la bibliographie à Enay.

** La faune du Lias de Lauw-Sentheim a été revue par S. Gillet et D. Schneegans (1935) d'après les collections Kœchlin-Schlumberger et Winkler. Les zones d'ammonites du Lias utilisées dans cette notice sont celles qui ont été retenues par R. Mouterde *et al.* (1971).

— Des « schistes noirs argilo-marneux peu consistants à ammonites pyriteuses » (probablement riches en silt), équivalents des marnes à ovoïdes d'Alsace, du **Domerien**. Les ammonites de zone *Amaltheus margaritatus* et *Pleuroceras spinatum* confirment cette attribution stratigraphique. Les niveaux ont en outre fourni une faune variée à lamellibranches, gastropodes, brachiopodes, belemmites et encrines dont la liste est donnée par S. Gillet et D. Schneegans (1935). Le Domérien se termine par des marnes gris-clair à ammonites à test phosphaté, correspondant aux couches à *Spinatum* de Basse-Alsace.

— Les marnes papyracées à *Posidonomya bronni* (« schistes cartons ») qui auraient livré l'ammonite de zone *Harpoceras serpentinum*.

— Des marnes gris-bleu foncé de la partie moyenne et supérieure du **Toarcien** avec les ammonites : *Haugia eseri*, *Lytoceras jurense*, *Pseudogrammoce- ras fallaciosum* var. *cotteswoldice* et *Dumortieria radians*. Le Toarcien se termine par un niveau de marnes à *Turbo (Trochus) sulduplicatus*.

Le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse) donne une idée des épaisseurs du Lias dans la région : 13 m pour le calcaire à Gryphées, 25 m pour les marnes argileuses et finement gréseuses du Lotharingien, 2 m de calcaires marneux correspondant probablement au Carixien, 29 m pour les marnes à ovoïdes et 17 m pour les schistes cartons. Le Toarcien moyen et supérieur est apparemment regroupé avec l'Aalénien inférieur sous le nom d'Aalénien marneux (104 m).

Dans le champ de fractures de Leval, le sondage 6-1001 a traversé selon J. Thiébaud (inédit), 28 m de pélites micacées très monotones avec alternances de marnes et de calcaires gréseux gris sombre attribués « selon toute vraisemblance » au Toarcien.

19. Lias supérieur : Aalénien. Calcaires oolithiques ferrugineux et marnes argileuses grises. Dans le champ de fractures de Lauw, les assises de l'Aalénien affleurent juste au flanc nord des buttes formées par la Grande Oolithe.

L'Aalénien inférieur serait représenté par des marnes argileuses grises (Gillet et Schneegans, 1935). L'Aalénien supérieur affleurerait bien en bas de la carrière de Grande Oolithe la plus septentrionale de la colline des carrières. Il est constitué par des calcaires oolithiques rouge foncé, ferrugineux, légèrement quartzeux, jadis exploités comme castine pour le haut-fourneau de Masevaux. Ces calcaires ont le faciès typique des couches à *Ludwigia murchisonae* de Basse Alsace. Ils ont livré des lamellibranches *Pholadomya fidicula* et *Ph. murchisoni*, *Pecten pumilus* et *P. disciformis*, *Ostrea calceola*; *Terebratula ovalis* et un oursin *Cidaris horrida*.

Dans un sondage à Lauw dont la localisation n'a pu être retrouvée avec précision (N. Théobald, 1948 et enquête sur place), la zone à *Murchisonae* serait représentée par 4.50 m de calcaires rouilles.

Dans le champ de fractures de Rammersmatt, J. Delbos et J. Kœchlin-Schlumberger (1866) ont reconnu les couches à *Murchisonae* dans un ravin situé au SE de Rammersmatt avec *Gervillia zieteni*, *Pecten disciformis*, *P. pumilus* et *Rhynchonella concinna*.

Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse) l'« Aalénien gréseux » est représenté par 15 m de marnes sableuses avec intercala-

tions de grès blanc grossier. Les données des sondages Schweighouse 2 et de Lauw se placent bien dans la paléogéographie de la zone à Murchisonae donnée par D. Contini (1967) : faciès gréseux dans le Sud de l'Alsace et faciès ferrugineux d'épaisseur réduite en bordure du futur domaine vosgien.

Le sommet de l'Aalénien : la zone à Concavum, n'est pas mentionnée dans les descriptions d'affleurements et de sondages intéressant le Lias de la feuille Thann. Selon D. Contini (1967) cette zone est représentée par des faciès argilo-sableux dans le Sud de l'Alsace, devenant calcaires au Nord d'une ligne Thann-Mulhouse.

Dans le champ de fractures de Leval, le sondage 6-1001 a traversé selon J. Thiébaud (inédit), sous 13 m de marnes attribuées à l'Oligocène, 5.50 m de calcaire dolomitique ferrugineux, légèrement gréseux à entroques et bryozoaires, attribués « selon toute vraisemblance » à l'Aalénien.

j1a-b. Bajocien inférieur à moyen (*pro parte*). Marnes sableuses, grès et calcaires ferrugineux. Ces terrains n'affleurent pratiquement pas. Dans le champ de fractures de Lauw, S. Gillet et D. Schneegans (1935) ont observé la base du Bajocien : les calcaires oolithiques et ferrugineux de l'Aalénien supérieur « passent peu à peu à des calcaires grenus spathiques jaune-brun » qui contiennent de nombreuses espèces de lamellibranches, des bélemnites et des brachiopodes. Dans le sondage de Lauw (Théobald, 1948), les zones à Sowerbyi et à Sauzei seraient représentées par 15 m de marnes sableuses, de marnes calcaires et de grès. Un grès ferrugineux de 0.15 m d'épaisseur correspondrait à la zone à Humphriesianum et les couches à Blagdeni (lithologie non précisée) auraient 11 m d'épaisseur. Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), l'ensemble j1a-b est représenté par des marnes, sableuses dans leur partie supérieure, avec des intercalations de calcaires marneux gris dans leur partie moyenne et sommitale.

j1c. Bajocien « supérieur » (Bajocien moyen *pro parte* à Bathonien basal.) : Grande Oolithe. Cette formation, qui correspond au plus grand ensemble calcaire de la région, a une épaisseur de l'ordre d'une centaine de mètres. Les sondages profonds dans le Fossé rhénan ont révélé que sa puissance croît vers le Sud de l'Alsace et dépasse 100 m dans le Sundgau. D. Contini (1967) confirme que ce calcaire oolithique et bioclastique débute généralement dans le Fossé rhénan au sommet de la zone à Blagdeni (Bajocien moyen terminal). La masse principale de la formation s'est déposée pendant le Bajocien supérieur (zone à Parkinsoni comprise). Classiquement (Contini, 1967 ; Théobald, 1967) elle est subdivisée dans le Fossé rhénan méridional, par un banc de marnes à Homomyes (« Banc à Momies ») qui se situe dans le tiers supérieur de la formation.

La Grande Oolithe affleure entre Lauw et Senheim au Nord (Colline des carrières), au Sud de la Doller, et plus au Nord-Est entre Bourbach-le-Bas et Rammersmatt. Elle fut largement exploitée. Les fronts de taille des anciennes carrières montrent encore quelques chicots rocheux ou même de gros bancs massifs (Collines des carrières). Le faciès prédominant est un calcaire oolithique blanc compact. La Grande Oolithe est fréquemment karstifiée. J. Delbos et J. Kœchlin-Schlumberger (1866) donnent le plan d'un réseau de

cavernes établi dans la formation au Sud de la Doller dont certaines parties ont fourni une faune de mammifères d'âge quaternaire récent à nombreux restes d'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*).

Dans le sondage Schweighouse 2 (413-5-49, feuille Mulhouse), la Grande Oolithe a une épaisseur de 120 m. Elle présente quelques passées marneuses et est plus ou moins dolomitique. Le sondage Michelbach 101 (7- 10) a recoupé la partie supérieure de la Grande Oolithe : 27 m de calcaires oolithiques pyriteux et de bancs de dolomie brune saccharoïde.

j2-4. **Bathonien, Callovien et Oxfordien inférieur : marnes, marno-calcaires, silts argileux et calcareux.** La série marneuse médio-jurassique n'affleure que de façon très sporadique dans le champ de fractures de Lauw. En comparaison avec les régions voisines, belfortaise, jurassienne et du Brisgau, S. Gillet et D. Schneegans (1935) y ont reconnu un certain nombre de faciès. Les sondages Michelbach 101 et de façon plus précise, les sondages Schweighouse 1 et 2 (feuille Mulhouse 413-5-48 et 49) et de Bréchaumont (feuille Belfort 444-3-20), qui encadrent le secteur considéré, donnent une idée plus précise de la lithologie et des épaisseurs des différents termes de la série.

Dans la colline des carrières, la Grande Oolithe est recouverte par des calcaires grumeleux bleuâtres à riche faune de brachiopodes, polypiers et lamellibranches (Gillet et Schneegans 1935), termes de transition vers un faciès marneux. Les sondages pétroliers précités donnent la succession suivante entre la Grande Oolithe et les marnes oxfordiennes ; de bas en haut :

- 4 m de marnes gris foncé, dolomitiques à Schweighouse,
- une quinzaine de mètres de marnes et de calcaires beiges à gris foncé, représentant les couches à *Rhynchonella varians* (= *R. alemanica*),
- 15 à 20 m de marnes argileuses grises, plus ou moins pyriteuses,
- 10 à 15 m de calcaires et marnes grises attribuées au Callovien.

A Lauw, ces calcaires sous un faciès grenu jaune auraient fourni *Macrocephalites macrocephalus* (coll. Winkler), fossile caractéristique de la zone la plus inférieure du Callovien.

Au-dessus, les « marnes » du Callovien et de l'Oxfordien inférieur : marnes et argiles grisâtres plus ou moins silteuses à fossiles pyriteux, ont une épaisseur de l'ordre de 70 m. Les 135 m donnés par le sondage Michelbach 101 comprennent très probablement des niveaux plus élevés.

j5-6. **Oxfordien moyen à supérieur (anciens étages Argovien, Rauracien, Séquanien) : calcaires, marnes silteuses et dolomies.** Cette unité, essentiellement calcaire, est tronquée par l'érosion (émersion du Jurassique terminal à l'Éocène). Les calcaires oxfordiens n'affleurent que dans les collines des carrières où ils forment une petite masse rocheuse ruiniforme couronnant la croupe la plus élevée. Ils sont finement cristallins, de teinte gris-beige, avec quelques éléments spathiques et correspondent probablement aux « calcaires récifaux rauraciens » indiqués par S. Gillet et D. Schneegans (1935). Les rochers, rendus un peu caverneux par altération présentent à

leur base quelques faciès oolithiques. « Le lambeau de calcaire gris et jaune spathique argovien » n'affleure plus.

Les coupes des sondages pétroliers distinguent :

— un « Oxfordien à chailles » (Oxfordien moyen probable), « marno-calcaire », plus ou moins silteux et sableux avec passées gréseuses. Son épaisseur est voisine de 35 m.

— 35 m environ de calcaires, crayeux à compacts, avec des niveaux dolomitiques et quelques passées graveleuses et oolithiques, rattachés à l'ancien étage Rauracien (Oxfordien supérieur). La coupe du sondage 7-6 distingue un Rauracien oolithique (45 m) et au-dessus un Rauracien crayeux (14 m).

— Au-dessus de ces calcaires, le sondage Burnaupt 1 (412-8-11) a recoupé 14 mètres de marnes dolomitiques avec bancs de dolomie et niveaux de calcaires graveleux à huîtres, classés d'après leur faciès dans l'ancien étage Séquanien (Oxfordien supérieur).

FORMATIONS TERTIAIRES

La plupart des formations tertiaires de la feuille Thann appartiennent aux deux ensembles caractéristiques du Fossé rhénan étudiés de façon détaillée et synthétique par C. Sittler (1965) :

- le complexe conglomératique de la bordure du Fossé.
- la série tertiaire du Fossé rhénan proprement dit.

La majeure partie des affleurements exposent des formations d'âge oligocène (g₂). A la base, correspondant à une phase de dépôt antérieure à la formation du Fossé rhénan proprement dit, des dépôts lacustres à continentaux recouvrent plus ou moins la surface d'altération du Jurassique. En quelques localités (Bouxwiller, Bas-Rhin ; sondage de Hombourg, à l'Est de Mulhouse) ces dépôts ont livré des faunes et flores d'âge lutétien. Ils comprennent trois principaux faciès, superposés dans les coupes les plus complètes :

- à la base, les dépôts dits « sidérolithiques » à argile rouge et pisolithes de fer,
- des conglomérats à galets calcaires,
- des calcaires qui ont fourni localement des mollusques d'eau douce (calcaires à *planorbis pseudoammonius*).

Seuls les argiles rouges et les pisolithes de fer ont pu être observés en affleurement, dans les poches karstiques des calcaires jurassiques. Dans le territoire couvert par la feuille, trois sondages profonds ont traversés ces formations éocènes (voir coupe des sondages profonds, p. 119).

- dans le sondage Senthem 3 (7-6) : 16 m de conglomérats avec bonherz (pisolithes ferrugineux) et « huppensandstein » (grès argileux),
- dans le sondage Senthem 1 (7-5) : 27 m de marnes et calcaires.
- dans le sondage Burnhaupt 1 (8-11) : un ensemble de 9 m avec à la base un niveau à pisolithes ferrugineux, recouvert par un calcaire grumeleux limonitique et surmonté par un calcaire beige ou noir conglomératique.

A proximité de la limite orientale de la feuille, dans les sondages Schweighouse 1 et 2 (feuille Mulhouse 413.5.48 et 49), au-dessus de 26 à 28 m de dépôts calcaires conglomératiques, une trentaine de mètres de marnes rouges à gypse ont été attribuées à l'Éocène sous la série salifère. Dans le sondage Burnhaupt 1, 29 m de marnes à teintes dominantes rouges plus ou moins silteuses et dolomitiques avec un peu de gypse n'ont pas été séparées de la série salifère. Il semble logique d'en faire un faciès de base de la série salifère (présence de gypse), la teinte rouge étant probablement liée à un remaniement de matériaux argileux rouges sidérolithiques.

Le complexe conglomératique de bordure du Fossé rhénan (e-gC)

Les conglomérats de bordure du Fossé rhénan sont habituellement désignés sous le nom de « conglomérats cotiers » ou de « conglomérats oligocènes ». Leur matrice où des intercalations marneuses ont livré des fossiles marins d'âge oligocène aux environs d'Obernai (feuille à 1/50 000 Molsheim) d'Éguisheim et de Rouffach (feuille à 1/50 000 Neuf Brisach). Cependant, pour l'essentiel de leur masse, ils correspondent à un ensemble de cônes de déjection de ruisseaux à régime torrentiel, liés aux reliefs de la bordure du Fossé, constamment rajeunis au cours de l'Oligocène par les mouvements positifs du horst vosgien *. Ils se sont mis en place dans un intervalle de temps comprenant au moins l'Oligocène inférieur et moyen. Dans les sondages profonds, on observe un développement des faciès conglomératiques d'Est en Ouest, en particulier, aux dépens des assises de transition entre les zones salifères inférieures et moyennes (sondages 8-7, 7-10, 7-7 et 7-5) puis la série devient entièrement conglomératique (sondage 7-6). Il est donc probable que la partie inférieure des conglomérats appartienne à l'Éocène.

Ces conglomérats constituent la formation principale des collines sous-vosgiennes à l'intérieur d'un triangle Thann-Lauw-Guewenheim et dans le champ de fractures de Vieux-Thann. Le faciès classique : conglomérat grossier hétérométrique à ciment calcaréo-sableux plus ou moins poreux, encore représenté au Nord du champ de fractures de Vieux-Thann est progressivement remplacé vers le Sud par un faciès particulier plus compact, à matrice silto-argileuse rouge peu indurée. Ce faciès constitue tous les affleurements de conglomérat depuis la bordure Nord de la Vallée de la Thur entre Vieux-Thann et Cernay, jusqu'à la région de Bourbach-le-Bas. La matrice silto-argileuse rouge peut être prédominante. Selon C. Sittler (1965) la fraction argileuse des conglomérats paléogènes des collines sous-vosgiennes comprend de l'illite (60 % environ) de la kaolinite et des traces de minéraux interstratifiés irréguliers illite-smectite (I-M). Dans la région, la kaolinite semble moins régulièrement représentée, tandis que des minéraux interstratifiés (I-M) (Bourbach-le-Bas), la vermiculite, la chlorite ou des minéraux interstratifiés irréguliers illite-chlorite (Vieux-Thann, C. Moser,

* Une étude sédimentologique récente (Düringer, 1988) confirme l'origine fluviale des galets et montre que ces formations sont les cônes de déjection (*fan delta*) subaériens à subaquatiques, principalement alimentés pendant des périodes humides. Au contact du milieu lacustre ou lagunaire du fossé, le matériel apporté par les oueds ou torrents de la bordure du fossé était plus ou moins remanié ou trié en milieu subaquatique, principalement en conditions de forte turbulence.

inédit) peuvent constituer une part notable de cette fraction argileuse. En plus du quartz détritique et des argiles, la matrice du conglomérat comprend du microcline (jusqu'à 20 %), de la calcite et de la dolomite. Tous ces matériaux fins semblent provenir du remaniement des produits de la désagrégation, plus ou moins altérés, de l'ancienne couverture sédimentaire des Vosges : grès, calcaires et silts argileux du Trias : silts argileux et calcaires du Lias et du Dogger.

Généralement, les conglomérats de la bordure du Fossé suivent la loi de sédimentation inverse, leurs parties les plus anciennes contenant des galets des parties les plus jeunes de l'ancienne couverture du horst vosgien (galets de la Grande Oolithe). Dans le domaine considéré, les conglomérats montrent le plus souvent un mélange de galets et d'éléments des différents niveaux de cette couverture, avec même des galets de socle. Cependant, la maille des affleurements et le morcellement tectonique ne permettent pas de se faire une idée lithostratigraphique précise de cette masse dont la puissance peut dépasser 300 m. Dans certains sites, certains éléments prédominent : les galets de calcaires jurassiques au SE de Steinbach ; les galets de calcaires du Muschelkalk supérieur au NW de Bourbach-le-Bas ; des galets de grès vosgien et de volcanites du socle (tufs verdâtres) entre Thann et Leimbach.

Généralement mal stratifiés, les conglomérats de la bordure du Fossé peuvent présenter un litage fruste parfois souligné par la répartition du calcaire dans le ciment, plus abondant dans certains niveaux. A proximité de la faille vosgienne, il peut présenter un fort pendage vers l'Est ou le Sud-Est, indiquant la continuation du jeu de la tectonique rhénane après son dépôt.

La série tertiaire de type « Fossé rhénan »

A l'Est d'une ligne approximative Saint-Germain-le-Châtelet - Wattwiller, les dépôts tertiaires sont du type « Fossé rhénan ». Pour la Haute Alsace, la série de référence du Tertiaire rhénan est celle du bassin potassique de Mulhouse (B. Förster 1911 et 1913 ; V. Maïkovsky 1941 ; C. Sittler 1965 ; C. Courtot *et al.* 1972). Elle comprend (tableau I ; Corrélation avec le Bassin de Paris d'après C. Cavellier 1979 et J.-J. Chateaufneuf 1980) :

— un ensemble salifère, riche en gypse, anhydrite et sel gemme, constituant les parties inférieures et moyennes de la série, subdivisée en trois « zones » (inférieure, moyenne et supérieure). Cet ensemble est très épais : plus de 1 500 m au centre du bassin potassique ; près de 1 300 m au sondage 8-11. Sa partie inférieure est éocène ; sa partie supérieure, oligocène. Le milieu est essentiellement lagunaire sursalé. Des influences limniques se font sentir à la base, au milieu et au sommet de la série. Les niveaux à caractère marin sont peu nombreux (zone fossilifère) et encore mis en doute (Düringer, 1988).

— au-dessus, un ensemble de silts plus ou moins argileux et marneux, de teinte grise prédominante, sans dépôts évaporitiques : c'est la « Série grise » épaisse de 400 m environ, d'âge oligocène supérieur pour l'essentiel.

La partie du Fossé rhénan couverte par la feuille Thann correspond à la bordure sud-ouest du bassin potassique. La limite d'extension vers l'Ouest

des couches de potasse correspond sensiblement à la lisière orientale de la carte (Courtot *et al.*, 1972) et les différentes zones de la série salifère se suivent approximativement jusqu'à Michelbach.

Au Sud de la Doller, une zone de transition parfois appelée « seuil de Reiningue » forme la séparation entre le bassin potassique et la branche sud-occidentale du Fossé rhénan appelée Fossé de Dannemarie. La « Série salifère » y est quelque peu différente de celle du bassin potassique (voir tabl. I) et ne contient plus de dépôts de sel gemme et de potasse, mais seulement du gypse et de l'anhydrite. L'extrême bordure sud du territoire couvert par la feuille appartient au Fossé de Dannemarie. En contrepartie, la série grise est très homogène dans tout le Fossé rhénan et ne présente aucune différenciation selon les structures évoquées précédemment. L'évolution du climat et de la végétation au cours du dépôt de la Série salifère et de la base de la Série grise, a été reconstituée par l'étude des pollens (Schuler, 1988). Une étude sédimentologique du Bassin potassique est en voie d'achèvement (Blanc-Valleron).

e7g1. **Éocène supérieur à Oligocène inférieur : Série salifère : silts argileux et calcareux (sans évaporite à l'affleurement).** A l'exception d'un petit compartiment ne donnant guère de bons affleurements au Nord-Est de la feuille, la série salifère n'est connue que par les coupes des sondages profonds. D'après l'écorché donné par C. Courtot *et al.* (1972) la série salifère serait directement recouverte par les formations quaternaires au Nord-Est d'une ligne SW-NE passant par Aspach-le-Haut. C. Sittler (1965) donne des indications sur la composition de la fraction argileuse de la série salifère. Elle est essentiellement composée d'illite, surtout ouverte.

Zone salifère inférieure. Sur la feuille Thann, deux sondages seulement l'ont traversé. Dans le sondage Burnhaupt 1 (8-11), elle est constituée par une succession assez monotone de marnes grises à gris-vert, plus ou moins dolomitiques et/ou silteuses, avec du gypse, quelques bancs de sels et de rares intercalations calcaires. Les 150 m inférieurs correspondent probablement aux marnes inférieures à Lymnées du centre du Bassin potassique. La masse de 25 m de sel gemme qui les surmonte doit correspondre à une partie du grand banc de sel du centre du bassin. Au-dessus, du sel gemme n'a été rencontré que 75 m environ sous le toit de la zone. L'épaisseur de la Zone salifère inférieure est de 628,50 m dans le sondage. Les données du sondage Senthem 2 (7-5) sont peu précises : 236 m de marnes recouvertes par des conglomérats sont à rattacher à la Zone salifère inférieure. Dans le sondage Senthem 3 (7-6), une épaisse série de conglomérats recouvre directement les faciès éocènes de base.

D'après M. Schuler (1983), la microflore de la Zone salifère inférieure, riche en cupressacées, taxodiacées et juglandacées, est bien diversifiée ; elle comprend des associations de dinokystes (zones à Nannoplancton NP 12 à NP 17 ; Chateaufort, 1983) qui indiquent la succession en alternance de milieux saumâtres et d'eau douce. Elle se caractérise, en outre, par la disparition progressive de formes éocènes anciennes et le développement de conifères, surtout au sommet.

Zone salifère moyenne. Le toit de la Zone salifère moyenne est bien repéré en sondage par l'apparition des marnes monotones, parfois finement litées (« marnes rayées ») à niveaux très fossilifères. L'ensemble est appelé « Zone

TABLEAU I. STRATIGRAPHIQUE DE LA SÉRIE SALIFÈRE TERTIAIRE DU BASSIN POTASSIQUE DE MULHOUSE ET DU FOSSÉ DE DANNEMARIE.								
C. CAVELIER (1979)			C. SITTLER (1965)					
		Série grise (toit de la série salifère)						
OLIGOCÈNE	STAMPIEN	RUPELIEN	BASSIN POTASSIQUE S.L.		SUBDIVISIONS MAJEURES	BASSIN POTASSIQUE S.S.	FOSSÉ DE DANNEMARIE	
		PECHELBRONN BAS-RHIN	Zone à gypse (limnique à l'ouest) Zone à sel et nodules d'anhydrite Zone bitumineuse supérieure à sel gemme et potasse					Comp. marneux sans sel Complexe salifère Complexe salin : à rognons d'anhydrite à horizons potassiques et sans rognons d'anhydrite
ÉOCÈNE	PRIABONIEN (LUDIEN)	LATTORIEN	COUCHES DE PEHELBRONN SUPÉRIEURES	Zone fossilifère à hydrobiolites (cyrènes, <i>Mytilus</i>)		ZONE SALIFÈRE MOYENNE	Zone fossilifère marnes à hydrobiolites marnes en plaquettes	Marnes rayées
			COUCHES DE PEHELBRONN INFÉRIEURES	Zone bitumineuse inf. marnes rayées dolomitiques et sel gemme				
			COUCHE ROUGE	Zone conglomératique		ZONE SALIFÈRE INFÉRIEURE	Ensemble salifère	Marnes à helix cf <i>hombusi</i> Calcaires à <i>Melania albigenis</i>
			ZONE DOLOMITIQUE	Marnes dolomitiques vertes (à lymnées) Marnes calcaires grises à anhydrite et sel massif				
BARTONIEN à LUTÉTIEN		LUTÉTIEN	Calcaires et marnes lacustres ; faciès sidérolithiques et conglomérats (mur de la formation salifère)					

* Épaisseurs moyennes en mètres

fossilifère». L'association caractéristique comprend des mollusques : hydrobies mal conservées*, *Mytilus socialis*, *Cyrena semistriata* et des bryozoaires, encroûtant souvent les mytilidés. A cette biocénose de milieu marin sont souvent associés des mollusques symptomatiques d'une faible salinité. Le lamellibranche *Nystia (Euchilus) Chasteli* a été recueilli dans le sondage 8-3. Les intercalations à restes de plantes sont fréquentes ; dans les sondages 4-26, 8-2 et 8-3 (Förster, 1911) *Sequoia Langsdorfi*, *Cinnamomum polymorphum*, *Glyptostrobus europaeus* et *Equisetum* sp. ont été reconnus. Les marnes sont grises ou noires souvent pyriteuses et parfois un peu bitumineuses. Elles sont généralement pauvres en sel gemme et en anhydrite. La base de la Zone fossilifère est généralement peu nette. Dans le sondage 4-26, 8-2 et 8-3, B. Förster (1911) lui donne une soixantaine de mètres.

En-dessous, des marnes plus ou moins rayées et dolomitiques, souvent bitumineuses, contiennent de nombreuses intercalations de sel gemme (75 m d'épaisseur cumulée dans le sondage 8-11) et de l'anhydrite. Elle correspond à la Zone bitumineuse inférieure ou ensemble salifère de la Zone salifère moyenne (voir tabl. I). Cet ensemble aurait 258 m dans le sondage 4-26 (Förster, 1911). Dans le sondage Burnhaupt 1 (8-11), 223 m sont rapportés à la totalité de la Zone salifère moyenne.

En se dirigeant vers les Vosges, les faciès marneux correspondant à la totalité ou aux parties moyennes et supérieures de cette zone, diminuent d'épaisseur et reposent sur des conglomérats : 175 m dans le sondage 8-7 ; 139 m dans le sondage 7-10 ; 109 m dans le sondage 7-7. Le sondage 7-5 donne une épaisseur plus importante : 187 m, mais la coupe utilisée ne mentionne pas la Zone fossilifère. Dans ce sondage, les conglomérats auraient une épaisseur de 239 m. Leur position stratigraphique est probablement beaucoup plus large que celle de la Zone conglomératique du Bassin potassique (cf. tabl. I).

D'après M. Schuler (1983), la microflore de la Zone salifère moyenne est dominée par les conifères ; des formes oligocènes y apparaissent progressivement. J.-J. Chateauneuf (1980) met en corrélation cette zone avec la première assise du Stampien du Bassin de Paris (Argile verte de Romainville).

Zone salifère supérieure. Cette zone, qui contient les couches de sylvinite dans le Bassin potassique a été traversée par une quinzaine de sondages, la Zone fossilifère de la Zone salifère moyenne, ayant généralement servi de couche repère pour arrêter les sondages de recherche de potasse. Son épaisseur est très importante au niveau de la bordure orientale de la carte (de l'ordre de 500 m). Elle se réduit vers l'Ouest et n'a plus que 300 m environ dans les sondages effectués à proximité de Guewenheim. La Zone salifère supérieure est parfois dénommée « Marnes bigarrées », en raison de la présence d'intercalations rouges et bariolées, plus fréquentes dans la partie supérieure. Les différentes subdivisions définies au centre du Bassin potassique (Courtot *et al.*, 1972 ; Blanc - Valleron et Gannat, 1985) n'ont pas été distinguées dans les coupes de forage, en raison d'une évolution de la série vers l'Ouest. Dans les sondages 8-2, 8-3 et 8-11, seule la partie inférieure est salifère avec une épaisseur de l'ordre de 70 à 80 m. Les marnes feuilletées, un peu bitumeuses ou dures, rayées, avec quelques intercalations dolomitiques associées au sel, ont le faciès des Marnes bitumineuses supérieures (cf

* Dans la zone fossilifère du Bassin potassique *Hydrobia subulata* et *H. Sandbergeri* ont été identifiés (Maïkovsky, 1941).

tabl. I), mais les sondages se situent au delà de la limite occidentale des couches de potasse. B. Förster (1911) a observé des restes de plantes, généralement indéterminables dans les sondages 8-2, 8-3 et 4-26 ainsi que des ostracodes et des characées (sondage 8-3). Au-dessus, la série contient encore du gypse et de l'anhydrite, mais elle se charge en intercalations argileuses rouges et en passées sableuses grossières. Ces intercalations détritiques sont plus nombreuses et plus épaisses en direction des Vosges. A Guewenheim, dans le sondage 7-7, J. Jung et D. Schneegans (1930) ont observé la présence de conglomérats à galets permien à différents niveaux de la formation et l'absence de foraminifères et de coccolithes. Ils considèrent ce faciès marginal de la Zone salifère supérieure comme un dépôt d'eau douce. Plus à l'Ouest, les conglomérats deviennent prédominants.

La microflore (Sittler, 1965 ; Schuler, 1983) indique des influences marines, mais le plancton est rare. Les passées limniques sont fréquentes avec une microflore de type fluviatile (wetzeliellacées). Des espèces de milieu tempéré marquent un rafraîchissement climatique. D'un point de vue stratigraphique, l'association correspond à celle de Heskem.

e7g2. **Tertiaire indifférencié du Fossé rhénan.** Au Nord-Est de Saint-Germain-le-Chatelet, un affleurement de marnes altérées a livré une microflore peu abondante avec une association indiquant un Tertiaire indifférencié avec des formes remaniées du Jurassique (*Classopolis*). Un sondage de plus de 600 m effectué à Felon en 1907, pose des problèmes d'interprétation (Jurain, 1969).

g2. **Oligocène indifférencié du Fossé rhénan ; Série grise : silts argileux et calcareux à rares intercalations de grès et de conglomérats.** La Série grise forme le soubassement de la plaine au Sud d'une ligne approximative Sentheim-Aspach-le-Haut. Elle affleure sur les versants exposés au Sud et au Sud-Ouest dans cette région de hautes terrasses. Au Nord de la ligne Sentheim-Aspach-le-Haut, elle a été complètement érodée. De lithologie assez constante du Nord au Sud de l'Alsace, la Série grise comprend 4 termes ; de haut en bas :

- g2d. Marnes à Cyrènes (non représentées sur la carte).
- g2c. Couches à melettes.
- g2b. Schistes à Amphisyle.
- g2a. Marnes à foraminifères.

La Série grise se différencie nettement de la Série salifère, par ses teintes grises uniformes et l'absence de dépôts évaporitiques. Les cristaux de gypse observés en affleurement dans la Série grise sont des néoformations récentes liées à l'oxydation de la pyrite au contact d'eaux de percolation chargées en bicarbonate de calcium. Les deux séries sont légèrement discordantes. Ce changement dans la sédimentation est dû à des modifications paléogéographiques permettant la communication de la « mer du nord » avec la « mer alpine » par le Fossé rhénan (Weiler, 1953) sans modifications climatiques importantes (Sittler, 1965). La Série grise se différencie également par le développement des smectites dans la fraction argileuse (Sittler, 1965).

Les deux termes inférieurs ont été l'objet d'une étude détaillée récente dans le Bas-Rhin (Doebel *et al.* 1976), intéressante pour l'ensemble du Fossé,

étant donné la grande homogénéité des faciès. En affleurement, ils n'ont été observés que dans une fouille temporaire à Soppe-le-Bas (Théobald, inédit), mais leur continuité est prouvée par leur présence dans tous les sondages situés dans la zone où la Série grise n'a pas été entièrement érodée. L'affleurement de référence dans la région est l'ancienne carrière d'argile de Froidefontaine (feuille à 1/50 000 Belfort), célèbre pour sa faune ichthyologique (Sauvage 1870, Théobald 1934, Fabre 1969, Pharissat 1974, Gaudant 1977).

g2a. Marnes à foraminifères. Marnes brunes à gris verdâtre. Caractérisées par leur richesse relative en foraminifères qui constituent l'élément prédominant de la faune, ces marnes soulignent la grande transgression marine stampienne dans le Fossé rhénan. Leur partie inférieure est généralement brune, pyriteuse. Leur partie supérieure est plus claire, grise à gris-verdâtre avec une fraction silteuse souvent importante. Le mur et le toit de la formation sont de bons repères diagraphiques ; leur toit est un excellent miroir sismique (Courtot *et al.* 1972). L'épaisseur des marnes à foraminifères est de l'ordre d'une dizaine de mètres. Elle serait nettement plus importante dans le sondage 8-11 : 20 m.

En l'absence d'études sur le domaine couvert par la feuille, les travaux de synthèse de V. Maïkvoski (1941) et de C. Sittler (1965) donnent un inventaire représentatif de la faune, de la microflore (association de Heskeim), de la minéralogie et de la chimie des marnes à foraminifères.

g2b. Schistes à Amphisyle (Syn. schistes à poissons). **Argiles brunes papyracées et bitumineuses.** Le second terme de la Série grise présente un faciès très caractéristique. Il est constitué par des argiles finement litées, souvent papyracées («schisteuses») de teinte gris brunâtre à noirâtre. Le litage est généralement souligné par des pellicules blanchâtres calcareuses, correspondant à une accumulation de nanoplancton monospécifique (Doehl *et al.*, 1976). Les schistes à Amphisyle sont un dépôt plus ou moins bitumineux de milieu réducteur du type sapropel, riche en soufre, exprimé sous forme de pyrite. La richesse du milieu en matière organique entraîne une radioactivité naturelle relativement élevée (Courtot *et al.*, 1972). Dans l'ensemble, le milieu reste marin à saumâtre. Les restes de *Aeoliscus* (= *Amphisyle*) *heinrichi* = (*centriscus*) poisson originaire de la mer périalpine (Leriche, 1927), localement abondants, ont longtemps servi à caractériser la formation. Ils ont une distribution plus large et sont encore représentés dans les Couches à melettes. La microflore correspond encore à l'association de Heskeim (Sittler, 1965). Les schistes à poissons sont peu épais : 7 m dans les sondages 7-5, 8-5 et 8-6 ; 10 m dans les sondages 7-10 et 8-9 ; 12 m dans le sondage 8-11.

g2c. Couches à meletta : silts gris plus ou moins argileux et calcareux, avec intercalations gréseuses. Les Couches à melettes forment les principaux affleurements de la Série grise, sur la rive gauche de la Doller et du Soultzbach. Elles sont exploitées en carrière pour briqueterie au Nord-Ouest de Burnhaupt-le-Haut. Constituées de silt gris plus ou moins riches en calcaire et en argile, les Couches à melettes présentent des intercalations de grès un peu argileux, généralement lenticulaires et peu épais. Ces bancs de grès contiennent fréquemment des débris de plantes flottées appartenant

pour l'essentiel aux genres *Cinnamomum*, *Laurus* et *Salix*. Leur surface présente souvent des figures de courant (ripple - marks) avec des délités micacés. Les niveaux fins sont compacts ou lités. Ils contiennent fréquemment des écailles de poissons dont la plupart appartiennent à l'espèce *Clupea* (= *Meletta*) *longimana*. Ce poisson qui a donné son nom à la formation est aussi bien représenté dans les schistes à poissons et ne peut être considéré comme le fossile caractéristique des Couches à melettes. La microflore comprend des éléments remaniés de formations tertiaires plus anciennes et crétacées (Sittler, 1965) originaires du Nord (Müller, 1971). Un examen du nannoplancton de la carrière de Burnhaupt-le-Haut (Nury et Touraine, 1972) a confirmé ce fait. L'association autochtone pauvre en espèces tropicales (Taxodiacées, Myricacées) indique un rafraîchissement climatique et semble correspondre à l'association de Bergisch-Gladbach (Sittler, 1965).

Dans le Bassin potassique, les Couches à melettes ont une épaisseur de l'ordre de 300 m. C. Courtot *et al.* (1972) ont mis en évidence quelques niveaux repères. En l'absence de coupes complètes de la formation dans le domaine de la feuille, nous ne savons pas si ces repères lithostratigraphiques se suivent jusque là. Au Nord de la Doller, les sondages profonds montrent que seule la partie inférieure de la formation a été conservée (épaisseur la plus importante : 81 m au sondage 8-11). Il est probable que les Couches à melettes soient moins érodées et plus épaisses sur la bordure méridionale de la feuille. 2,5 km au Sud de Bretten (feuille à 1/50 000 Belfort), le sondage Bréchaumont 1 (444.3.20) a traversé sous le Quaternaire, 215 m de couches rapportées aux Couches à melettes. Plus à l'Ouest, l'ancien forage de Felon (6-1003) (Meyer 1928) a traversé 342 m de marnes grises dont la majeure partie appartiendrait aux Couches à melettes avant d'atteindre des grès et des conglomérats à éléments calcaires remaniés du Muschelkalk et du Jurassique.

Néogène : lacune du Miocène, érosions, zone de transition et problème du Pliocène.

Telle qu'elle se présente aujourd'hui sur la feuille, la série tertiaire rhénane a été tronquée par l'érosion. Les termes les plus élevés connus en Alsace méridionale sont les couches de Niederrœdern d'âge oligocène supérieur (Chattien auct.). En l'absence de témoins de formation d'âge miocène, il est généralement admis que la partie méridionale du Fossé rhénan était exondée pendant cette période. Aucune trace de dépôt pliocène n'est connue en plaine dans le Haut-Rhin et la série tertiaire tronquée est souvent directement recouverte par les formations quaternaires : alluvions du Rhin et de ses affluents ; loess. Fréquemment, les sondages traversent entre les alluvions et les formations oligocènes, une couche d'argile limoneuse : « argile bariolée » où dominent les teintes jaune ocre et brun jaune où la répartition des couleurs donne par places un aspect de stratification (Courtot *et al.* 1972). Cette formation appelée « zone de transition » (à ne pas confondre avec la zone de transition à la base de la série de Pechelbronn) passe souvent de façon progressive aux silts et marnes sous jacents. Il en diffère par l'absence de carbonates et de restes paléontologiques. Il est probable qu'une partie importante de ces argiles limoneuses soit un faciès d'altération des formations silteuses et marneuses oligocènes. Cependant, il n'est pas impossible qu'une partie de la zone de transition corresponde à des

épandages limono-argileux d'âge quaternaire ancien, remaniant des matériaux fins des formations triasiques et tertiaires des collines sous vosgiennes, tels qu'ils sont connus plus au Nord (feuille à 1/50 000 Saverne). Dans le domaine couvert par la feuille, la zone de transition n'a été reconnue que dans les sondages 4-27 (5 m) et 8-5 (7 m).

En Alsace, le Pliocène est représenté par des dépôts fluviatiles, fluviolacustres et palustres. Bien développés dans le Nord de l'Alsace, ces dépôts ont livré la paléoflore pliocène la plus riche en espèces connue jusqu'à ce jour en France (feuilles à 1/50 000 Haguenau et Seltz-Wissembourg). Par analogie avec les faciès sablo-argileux du Pliocène de Haguenau et de Soufflenheim (Bas-Rhin), les sables, argiles et grès du Hohlenstein à Lauw ont été rapportés à cette période.

Les niveaux d'alluvions d'origine vosgienne et alpine les plus élevés ont été également attribués au Pliocène (nappe des Cailloutis du Sundgau, feuilles à 1/50 000 Altkirch et Belfort). La similitude de faciès et de position géomorphologique entre les Cailloutis du Sundgau et ceux de la forêt de Chauv (Doubs), étayant l'hypothèse d'un écoulement ancien des eaux de l'Aar-Rhin vers la plaine de Bresse (Kœchlin, 1829; Förster, 1892) et l'absence de dépôts pliocènes dans le Bassin potassique et la région de Colmar, sont généralement expliqués par l'existence d'un seuil en Alsace moyenne au Pliocène. Des études récentes (Geissert *et al.*, 1976, Boenigk, 1978 et 1982) apportent des arguments pour placer cet écoulement au Prétiglien. Correspondant au premier grand refroidissement dans la série des glaciations plio-quaternaires en Europe, le Prétiglien a été classé soit dans le Quaternaire, soit dans le Pliocène (option adoptée par les instances internationales depuis 1978). Sur le piedmont vosgien, les alluvions les plus élevées (Fv) ayant un degré d'altération plus faible que les Cailloutis du Sundgau, seront décrites avec les formations quaternaires dans la rubrique Formations superficielles.

p. **Pliocène probable: «Hupper»; sables, galets et grès blancs.** 1 km environ au SE du pont de Lauw, au Hohlenstein, le front de taille d'une ancienne carrière recoupe un dépôt de sables argileux et galets de quartz, localement couronnés par une dalle de grès conglomératiques. Plus ou moins disloquée en blocs, la dalle de grès a une épaisseur irrégulière (1,5 m au maximum, selon L. Meyer, 1926). Sa face inférieure est très irrégulière. En-dessous, la formation argileuse gris-blanc (Hupper) n'est plus visible que sur 0,20 m. Son épaisseur pourrait atteindre 5 m (Sittig, 1935). Comme le grès, elle renferme des galets, principalement en quartz, en quartzite et en grès, remaniés du Grès vosgien et du Conglomérat principal. Les éléments de grès sont altérés, blanchis et friables. C. Meyer et W. Holtz (1928) y ont également observé des rognons de «silice calcédonieuse», remaniés du Muschelkalk. La matrice argileuse est kaolinique.

Au microscope, le grès est principalement constitué de grains de quartz détritiques hétérométriques, homogènes ou tectonisés. Nombre d'entre eux sont altérés. Subjointifs, les gros grains forment la charpente de la roche, le reste étant constitué par de petits quartz détritiques et le ciment de microquartz, plus ou moins chargé par une pigmentation brune. Dans

quelques plages de microquartz, on observe des restes d'argiles d'illuviation.

Depuis E. Schumacher (1892), tous les auteurs ont souligné l'analogie du Hupper avec certains faciès du Pliocène de Basse Alsace. En particulier, il contient de la kaolinite, minéral généralement prédominant dans la phase argileuse des dépôts pliocènes de la région. Largement disloquée en blocs, la dalle de grès a d'abord été interprétée comme une formation morainique (van Werveke, Meyer, 1920 et 1926). C. Sittig (1935) l'explique comme une zone de consolidation du Hupper par un ciment siliceux. Ne pouvant concevoir cette cimentation au Pliocène, il suggère un âge antérieur au Pliocène. Les intenses désilicifications subies par les Cailloutis du Sundgau, d'âge prétingien probable (Vogt, 1980), ainsi que la mise en évidence de phénomènes de silicification dans des régions voisines aux limites du Pliocène et du Quaternaire (Ménillet, 1987) éliminent cette réserve.

FORMATIONS SUPERFICIELLES. QUATERNAIRE

Le terme « Formations superficielles » désigne l'ensemble des formations géologiques généralement meubles, peu épaisses et récentes, situées immédiatement sous la pellicule de sol arable ou forestier. Elles se sont élaborées, pour l'essentiel, durant la période plioquaternaire. En raison de leur nette différenciation lithologique et géométrique, en fonction des phénomènes qui les ont élaborées et mises en place, elles ont été classées selon des critères génétiques. En contrepartie, la chronologie de ces formations est souvent difficile à établir, voire quasiment inconnue, étant donné l'absence de fossiles et de bons marqueurs chronologiques dans la plupart d'entre elles. Seule, une chronologie relative est indiquée quand cela est possible, pour chaque type de formation. Les références aux périodes glaciaires et interglaciaires alpines et nordiques sont données en adoptant les acceptations les plus classiques de ces événements, sous réserve de l'évolution de nos connaissances sur l'histoire plioquaternaire de l'Europe occidentale.

Dans la région, les formations superficielles forment une couverture presque continue. Dans les Vosges, le substrat n'affleure qu'en pointements et corniches rocheuses, ainsi que dans les entailles des chemins forestiers. La plupart des versants et des interfluves sont recouverts par des formations d'altération, des formations glaciaires et d'une manière plus étendue par des formations périglaciaires. Cependant, la nature du substrat transparait fréquemment au travers de cette couverture superficielle, épaisse de 1 à 2 m en moyenne.

Dans les collines sous vosgiennes et la plaine d'Alsace, le substrat tertiaire, conglomératique et marneux, n'affleure qu'en carrière ou sur les versants, à l'occasion de ravinements et de glissements de terrains. Il est recouvert par des limons loessiques et des alluvions sur les replats et des formations de solifluxion sur les coteaux.

Formations d'altération

Seules les formations d'altération du socle vosgien seront traitées dans cette rubrique ; quelques indications sur les altérations des formations

secondaires, tertiaires et quaternaires seront données dans les paragraphes concernant ces différentes formations.

Le socle vosgien, progressivement dénudé au cours du Néogène a été largement affecté par des phénomènes d'altération. Les phénomènes prédominants ont été l'hydrolyse et le lessivage engendrant, en particulier l'arénisation des formations granitiques et des volcanites acides, riches en phénocristaux. Si les terrains paléozoïques ont pu conserver localement des marques de l'altération permienne, la majeure partie des formations d'altération semblent dater des périodes néogènes à éoquaternaires. En raison de la vigueur du relief et de l'érosion sur la partie sud-orientale des Vosges, les formations d'altération ne forment pas une couverture continue et ne sont généralement bien développées que dans les parties où le front d'altération a profondément pénétré la roche en « poches ». Elles sont représentées jusque dans les parties basses des versants, mais elles occupent des surfaces plus importantes en altitude.

Plus ou moins meubles, les formations d'altération n'affleurent que dans les fouilles et les talus façonnés par l'homme. Seuls des sondages à maille serrée pourraient rendre compte de leur extension, de leur épaisseur et de la géométrie précise du front d'altération qui les délimite à leur base. Elles n'ont donc pu être cartographiées de façon exhaustive et elles ne sont figurées que ponctuellement, par une notation propre, en surcharge sur la teinte de la formation aux dépens de laquelle elles se sont développées. En outre, elles sont souvent recouvertes par d'autres formations superficielles, en particulier par des formations de gélifluxion et parfois même par des moraines. La présence de kaolinite en quantités notables dans la fraction fine de plus de la moitié des échantillons est à souligner.

Ar. **Arène granitique : sables grossiers feldspathiques.** Issues de la décomposition sur place du granite, les arènes granitiques se présentent sous l'aspect d'un sable grossier, à teintes beiges prédominantes. Les grains, monominéraux ou polyminéraux sont anguleux à subanguleux. Les feldspaths, plus ou moins altérés, prédominent ; les minéraux colorés (micas, amphiboles) généralement assez altérés et les filons de granite clair maintiennent à la roche un aspect « granitique ». La granulométrie de l'arène est liée à la dimension des cristaux de la roche mère. La fraction comprise entre 0.2 et 2 mm est nettement prédominante (65 à 80 %). Les arènes de granite porphyroïde sont riches en graviers (15 à 20 %). Le granite des Ballons donne des arènes un peu moins pauvres en argile (3 %) surtout à proximité de la surface par illuviation d'argile (Dresch, 1962). Leur richesse en biotite et amphibole leur donne une teinte grisâtre. L'épaisseur des arènes est très variable, le front d'altération du granite, qui les limite à la base, étant une surface très irrégulière. Une disposition des arènes en poches séparées par des chicots rocheux est très fréquente, la limite entre la roche saine et l'arène peut être verticale. La profondeur des poches est généralement de l'ordre de quelques mètres, avec une longueur d'une dizaine de mètres. L'arénisation est généralement plus profonde au niveau des joints et des fractures, fait à l'origine de l'altération en boules. Celles-ci, souvent éparées, rarement en chaos, sont peu abondantes sur les granites des Ballons et de Goldbach. Seuls les diorites et gabbros d'Ermensbach ont fourni, par altéra-

tion, de nombreuses boules, amoncelées par les anciens glaciers, en moraines à blocs.

Les talus de la route D 13^{bVI}, dans la descente de Goldbach en direction de Willer-sur-Thur, donnent de bons affleurements d'arènes granitiques.

Ap. Formations d'altération des roches volcaniques du stratovolcan du Molkenrain :

- sur ignimbrites : arènes un peu argileuses
- sur latites : arènes limono-argileuses.

Les ignimbrites du Molkenrain, riches en petits phénocristaux, donnent des arènes assez semblables à celles du granite des Ballons. Elles sont relativement riches en argile (5 % environ). Elles affleurent bien au sommet de la grande carrière de pierre concassée de Lauw où leur épaisseur atteint 5 m.

Les latites quartzifères donnent des formations d'altération à granulométrie plus fine, riches en particules de la taille des limons. Ces arènes limoneuses sont généralement rosâtres ou rougeâtres, lorsqu'elles sont humides.

ak¹. Formations d'altération sur kératophyres, tufs et brèches kéra-tophyriques : limons à blocailles. Les formations kéra-tophyriques affleurent généralement en rochers. Ils apparaissent souvent fragmentés en blocaille à éléments de 3 à 10 cm donnant à l'altération un matériau assez limoneux.

Formation d'altération sur spilites et diabases. Les spilites et diabases (k³), très riches en fer et magnésium, donnent à l'altération des produits limono-argileux ocre. Les altérations en boules sont fréquentes, surtout dans les faciès à pillow-lavas. Ces boules, généralement petites, sont fréquentes dans les formations glaciaires. Les altérites de spilites et diabases n'ont été observées que sur des surfaces très réduites et n'ont pas été figurées.

ah². Formation d'altération sur schistes et grauwackes du Viséen : limons sableux et limons argileux. Les schistes donnent des formations d'altération de teinte marron, limoneuses ou limono-argileuses, selon la finesse de leur grain. Les grauwackes s'altèrent en limons sableux de teinte beige à gris-beige. Très sujettes au remaniement par gélifluxion, ces formations affleurent rarement en place.

Formations périglaciaires de versant et éboulis

Bien qu'elles aient une extension quasi générale, les formations périglaciaires de versant n'ont été figurées que localement, lorsqu'elles sont relativement épaisses et étendues ou quand elles donnent à certains versants un caractère particulier, tels que ceux qui sont situés en contrebas des alluvions Fv. Les phénomènes de gel et de dégel ont joué un rôle prédominant dans la genèse de ces formations. Le gel, par son action cryoclastique sur les roches ; le dégel et les alternances gel-dégel sur un sol plus ou moins gelé en profondeur ont favorisé la solifluxion (gélifluxion). Ces phénomènes ayant été

actifs pendant toutes les périodes froides du Quaternaire, il n'est généralement pas possible de différencier les formations périglaciaires par la chronologie. A l'exception des zones favorables à la conservation des dépôts (certains bas de versant) et des vallées englacées au Würm, la plus grande partie des formations périglaciaires observées s'est formée, ou a subi des remaniements, au Würm.

$\frac{S}{g^2}$. **Formation de solifluxion sur marnes oligocènes (marnes oligocènes altérées, loëss remaniés, colluvions).** Sur le piémont vosgien, depuis la vallée de la Doller jusqu'au Sud de la feuille, les versants exposés au Sud et à l'Ouest sont en grande partie recouverts par une formation superficielle grise à brune, à fraction limoneuse prédominante. Elle est principalement constituée par des matériaux remaniés par solifluxion et colluvionnement : marnes oligocènes altérées, loëss et alluvions anciennes. Des circulations d'eau, plus ou moins diffuses, entre cette formation et les marnes oligocènes compactes sous-jacentes, ont entraîné la formation de loupes de glissement, généralement de petites dimensions, mais nombreuses.

S_{F-C} . **Formation de solifluxion ou de gélifluxion ayant remanié des alluvions du Quaternaire ancien et des loëss du Quaternaire moyen.** Enrichies en limon et en argile par altération et situées en position de terrasses plus ou moins démantelées, les alluvions du Quaternaire ancien ont été assez largement affectées par la gélifluxion au Quaternaire moyen et supérieur. Une partie du matériel loëssique qui les a recouvert a été mêlé à ces alluvions, de façon intime par illuviation ou en poches et lentilles injectées dans les mouvements de gélifluxion et de cryoturbation.

P. Formation superficielle à blocs du piémont vosgien : blocs de nature variée, matrice sableuse ou limoneuse. Les formations superficielles du piémont vosgien sont formées par du matériel géliflué à partir de l'escarpement de la faille vosgienne et des buttes de grès vosgien adossées contre lui, sur le glacis situé en contrebas. Elles se sont étalées jusqu'à une distance de 1 500 m de l'escarpement. Selon H. Vogt (1980), le glacis daterait du Quaternaire moyen et « rien ne parle en faveur d'une réactivation quaternaire de la faille vosgienne » dans ce secteur.

Une série de sondages pour recherche d'eau (4-1 à 4-5) a mis en évidence la grande épaisseur des formations superficielles du piémont vosgien, souvent supérieure à 10 m, dépassant même 22 m dans le sondage 4-1. Elles sont constituées par des blocs et fragments de grès vosgien, de Conglomérat principal et de roches volcaniques du socle emballés dans une matrice sableuse à sablo-limoneuse.

PG. Formations de gélifluxions épaisses : limons sableux et blocaille. D'extension très générale, les formations de gélifluxion n'ont été représentées que dans le massif vosgien, en bas de versants, dans des sites où elles sont épaisses et masquent complètement le substrat rocheux ou les moraines. Elles ont été assez largement figurées aux environs de Bitschwiller, dans la cuvette de Masevaux, dans le secteur des sources de la Doller, dans le vallon de Saint-Nicolas et la vallée de la Rosemontoise. Elles affleurent dans la plupart des talus des chemins forestiers.

Les formations de gélifluxion présentent toute une série de faciès entre un matériau constitué presque uniquement de blocaille et de pierraille avec très peu de matrice fine et un faciès riche en particules fines dans lequel des cailloux et petits blocs sont irrégulièrement répartis. Cette variation de faciès est liée à plusieurs facteurs : la nature des roches mères du matériau, leur degré d'altération, la distance des zones nourricières, la position topographique et l'exposition. La dimension et la forme des cailloux et des blocs dépend de la nature de la roche mère. Les granites par exemple donnent par gélifraction des cailloux assez gros et des blocs en forme de prismes émoussés ou de boules tronquées ; les kératophyres, de petits gélifractions plus ou moins prismatiques et acérés ; les schistes, des plaquettes ou des « crayons » de petites dimensions. Les cailloux et blocs sont généralement plus nombreux à proximité d'un chicot rocheux fissuré, qui a pu largement alimenter la formation.

Les formations de gélifluxion sont d'autant plus riches en matrice fine, que les roches mères de leurs matériaux sont plus altérées. Elles sont souvent « lavées » de leur matrice fine sur les parties hautes des versants et sur les interfluves, et enrichies en particules fines par colluvionnement et illuviation dans les bas de versants et les fonds de vallons. Le « lavage » a souvent été plus intense sur les versants exposés au Sud et à l'Ouest où la fonte des neiges est plus rapide.

Très meubles, les formations de gélifluxion ont généralement une teinte d'ensemble brun-clair à marron ou brun-rouge sur les formations volcaniques acides. La matrice fine a un aspect terreux. Assez perméables, elles ne sont hydromorphes qu'en bas de versants et en fonds de vallon. De place en place, elles présentent des ébauches de litage parallèle à la pente. Les couches ainsi différenciées sont généralement lenticulaires et se distinguent par des variations dans les proportions des diverses fractions granulométriques et dans le calibre des gélifractions. Les ébauches de litage sont plus fréquentes sur les versants à substrat de schistes et grauwackes du Viséen.

L'épaisseur des formations de gélifluxion est très variable, d'autant plus qu'elles tendent à « régler » et « empâter » les irrégularités de la surface rocheuse du versant. Leur puissance moyenne est de l'ordre de 2 à 3 m, mais elles peuvent avoir localement une épaisseur plus importante, en particulier, en bas de versant et en fond de vallon.

EA. Éboulis ordonnés (« éboulis assistés ») : alternance de blocaille grossière et de blocaille fine à matrice limoneuse. Dans l'ancien domaine glaciaire, certains versants rocheux, en particulier ceux des couloirs à pentes raides orientés E-W ou SE-NW ont subi une intense gélifraction à la fin de la dernière période glaciaire. Sur les schistes et grauwackes du Viséen, cette gélifraction a donné un type d'éboulis particulier, très développé et exploité au col de Bussang (feuille à 1/50 000 Munster). Ce sont des formations constituées par une alternance fruste de blocaille cryoclastique grossière et de lits de petits gélifractions dont les interstices sont en partie remplis par une matrice sablo-limoneuse, évoquée par l'épithète « assistée » donnée par J. Tricart. Le litage est parallèle à la ligne de plus grande pente, souvent proche de la pente d'équilibre limite d'un talus d'éboulis (30°). Les lits grossiers sont constituées de cailloux et blocs anguleux dont les plus nombreux

ont une taille comprise entre 5 et 30 cm. Leur épaisseur et en général de 30 à 75 cm. Les lits fins sont un peu moins épais. Ils sont exploités entre Mollau et Storckensohn.

Cailloutis cryoclastiques et pierriers (non figurés sur la carte). La partie haute de certains versants et certaines croupes élevées telles que les crêtes du Rimbachkopf et du Gustiberg (NW de Rimbach) sont localement tapissées de cailloux et de blocs. Tous les types intermédiaires existent entre la masse de roche fragmentée sur place, les cailloutis cryoclastiques légèrement dérangés par fauchage et les cailloutis déplacés par gélifluxion (avec à l'origine une certaine proportion de matrice fine) puis lavés par les eaux de fonte des neiges. Dans les zones de failles très cataclasées, les cailloutis sont souvent épais, la roche étant déjà fragmentée par les contraintes tectoniques avant l'action du gel quaternaire.

E. **Éboulis de gravité : blocs**. Les éboulis de gravité typiques, liés à la chute simple de débris et masses rocheuses en contrebas d'arêtes et de corniches rocheuses, sont relativement peu développés dans les Vosges. La plupart d'entre eux se situent sur les bords escarpés des anciens cirques glaciaires. Seuls les éboulis les plus étendus ont été figurés. Citons les éboulis du cirque glaciaire du Gazon Vert, au Sud-Ouest de Storckensohn et les éboulis donnés par les rochers en trachyte de Rosemont (Riervescemont).

GE. **Complexes moraine de versant lavée — éboulis des anciennes parois d'auges glaciaires**. Sur les versants escarpés de certaines vallées glaciaires, généralement à profil en auge, les moraines à blocs sont fréquemment lavées et plus ou moins éboulées. Lors du retrait des glaces, les corniches et chicots rocheux dégagés par l'érosion glaciaire subissent une intense gélifraction. Dans leur chute, les blocs libérés par le gel se mêlent au matériel morainique. La formation ainsi constituée a l'aspect d'un éboulis, mais comprend des éléments, parfois nettement émoussés, de nature lithologique non représentée sur le versant. De tels dépôts ont été observés en amont de Sewen, sur la rive gauche du ruisseau de Wagenstall (Hoellenwald) et au sud de Dolleren, sur le versant nord-ouest du Spickelsberg. Le figuré en triangles bleus a été omis au sud de Dolleren.

Formations glaciaires

Domaine d'extension des anciens glaciers

Les glaciations quaternaires ont surtout affecté les parties centrales et sud-occidentales des Vosges, plus particulièrement, un territoire inclus dans un quadrilatère Le Bonhomme-Xertigny-Lure-Thann. La feuille comprend l'angle sud-est de ce quadrilatère. Leblanc (1838) a le premier reconnu les traces d'anciens glaciers dans les Vosges, patiemment inventoriées dans la vallée de la Thur et les vallées voisines par E. Collomb (1847). Elles consistent en dépôts glaciaires caractéristiques ou moraines et en traits morphologiques particuliers. Dans le domaine couvert par la feuille, les marques glaciaires sont bien connues dans les vallées de la Thur, de la Doller et de la Savoureuse ainsi que dans la haute vallée de la Moselle, sur le versant lorrain du massif. Lors des levers, des restes de moraines ont été, en

outre, observés dans les vallées de la Madeleine-des-Anges et de Rievescomont, dans le massif du Rossberg et de façon moins nette, dans celui du Molkenrain (fig. 3).

La zone d'alimentation principale se situait dans les aires déprimées situées juste en contrebas de la crête principale du massif, en particulier du côté Est bien alimenté en neige soufflée par les vents de secteur ouest. Il est même possible qu'il y ait eu des ébauches de calottes glaciaires entre le Ballon d'Alsace et le col du Bramont (feuille à 1/50 000 Munster), en particulier, dans le secteur du Drumont, au Nord du col de Bussang, dans celui du Rouge-Gazon et au Nord du Ballon d'Alsace (difffluence par-dessus la crête joignant le Rundkopf au col des Charbonniers, Dresch, 1974, et difffluence des glaces du secteur du Rouge-Gazon par dessus la tête de la Bouloye). De bons marqueurs pétrographiques (granite du Bramont, serpentine du Thalhorn) ont révélé que les glaces de la partie amont de la vallée de la Thur, à leur développement maximum, ont largement diffflué au-dessus des crêtes séparant les vallons de Mollau, de Mitzach et de Moosch pour venir buter contre la crête du Rimbachkopf. Comme un bloc erratique de 3 m de longueur en granite du Drumont repose au sommet du Grunnenwaldkopf, à l'altitude de 850 m, le glacier, en amont de Saint-Amarin, avait à son développement maximum une épaisseur égale ou supérieure à 500 m. En aval, il s'est très probablement bloqué sur le rétrécissement de Willer-sur-Thur, aucune trace de moraine n'ayant été découverte à l'Est des contreforts entourant la localité.

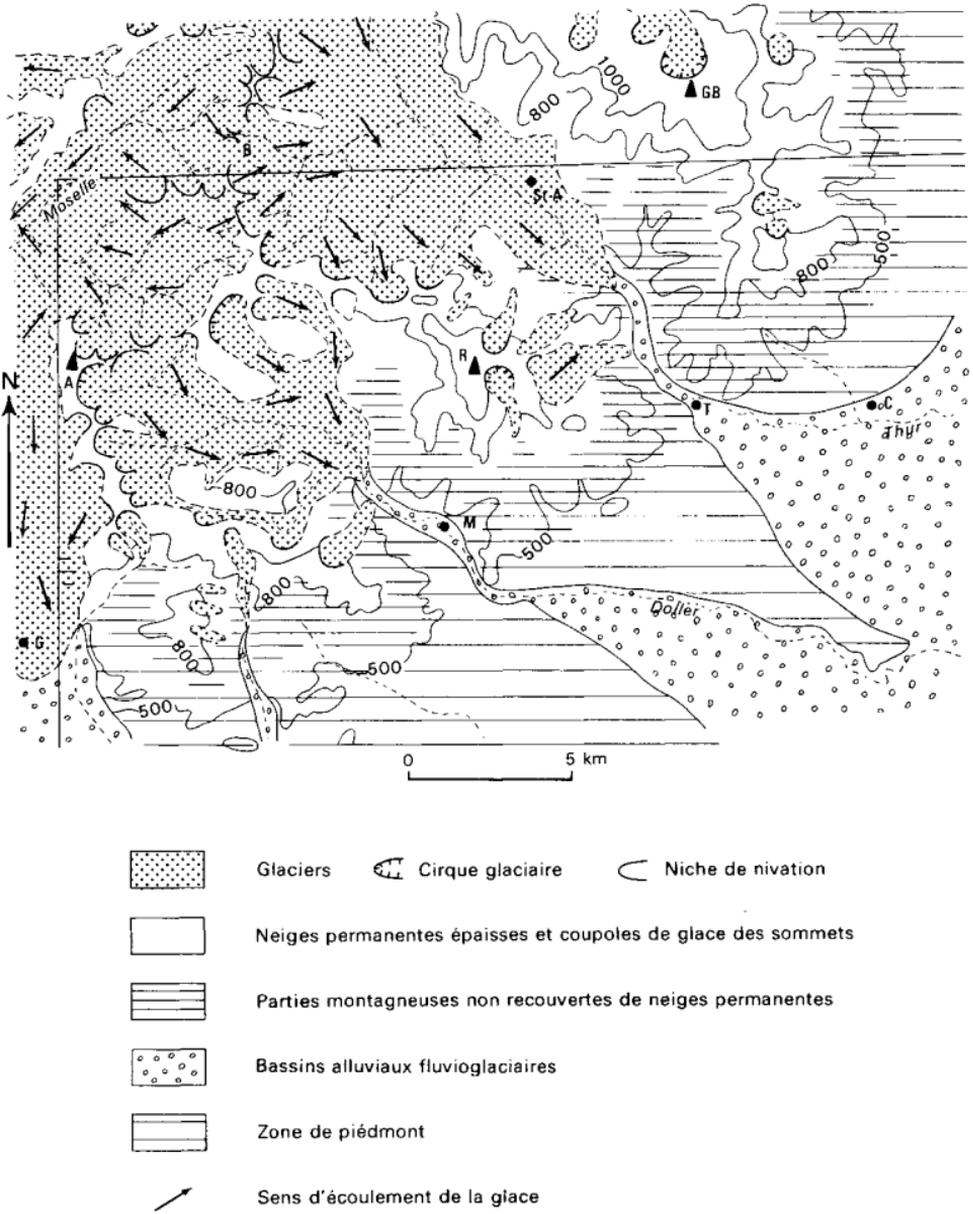
Bien alimenté par les neiges du Ballon d'Alsace et des crêtes avoisinantes, le glacier de la Doller a largement occupé la partie amont de la vallée avec une épaisseur maximale supérieure à 300 m. Aucun indice de moraine n'a été observé en aval de Langenberg. Les dépôts glaciaires observés par L. van Werweke à Sickert nous paraissent être une formation de solifluxion ayant remanié des altérites, des gélifractions et des galets sur le talus de la terrasse portant la ferme Hertenbourg. Le blocage du glacier contre la crête dominant Kirchberg à l'Est paraît tout à fait logique.

Aucune marque glaciaire n'a été observée au Sud de la crête du Ballon de Guebwiller, la plus élevée du massif, soit que la vigueur du relief n'ait pas permis leur conservation, soit plus probablement que l'exposition méridionale n'ait pas favorisé l'accumulation de neige et la formation de glacier. Les « blocs erratiques » mentionnés par E. Collomb (1847) en amont de Goldbach ne sont peut-être que des boules d'altération du granite plus ou moins en place.

Morphologie glaciaire

A l'exception du vallum morainique de Kirchberg, peu de dépôts glaciaires présentent de morphologie caractéristique. En contre-partie, des formes d'érosion glaciaire sont bien apparentes dans les bassins versants de la Thur et de la Doller, en raison de la vigueur du relief et d'un niveau de base relativement bas.

Les *cirques glaciaires* caractéristiques (*cf.* allemand *kar*), en forme de fauteuil, avec ombilic, sont peu nombreux. Le plus typique est celui du Lac-



A : Ballon d'Alsace, B : Col de Bussang, GB : Ballon de Guebwiller, St-A : Saint-Amarin, T : Thann, C : Cernay, G : Giromagny, R : Rosberg
M : Masevaux

Fig. 3 - Schéma de l'extension maximale des anciens glaciers de la partie sud-orientale du Massif Vosgien (âge riss probable), d'après les levés des formations glaciaires effectués par F. Ménillet

des-Perches, en amont de Rimbach, lié à une bonne suralimentation neigeuse, par neige soufflée d'Ouest sur la crête de la Haute-Bers. Le creusement a été facilité par l'existence d'une zone de moindre résistance, sur le passage d'une faille importante. Dans l'ensemble, les matériaux locaux, en particulier le granite des Ballons, se sont prêtés à des formes d'érosion plus amples telles que le cirque des Lacs du Neuweiher. Ces formes se seraient développées à partir de têtes de vallons préglaciaires en forme d'entonnoir (Sittig, 1933). Le fond des cirques est plus ou moins surcreusé dans la roche et occupé par une tourbière ou un lac. Le barrage naturel par un verrou rocheux ou un dépôt morainique est souvent exhaussé par une digue artificielle pour augmenter la réserve d'eau.

Les *niches de nivation*, échancrures en forme de cuiller sont nombreuses et se succèdent sur les hauts versants exposés au Nord et à l'Est (fig. 3).

La *forme en auge*, classique, mais non caractéristique, des vallées glaciaires ne s'est développée que dans les vallées principales ; dans la vallée de la Doller, entre Dolleren et le Lac d'Alfeld et dans la vallée de la Thur, en amont de Willer-sur-Thur.

Le *couloir de diffluence* (Baulig, 1922) de Storckensohn-Mollau est une des empreintes les plus nette de la morphogenèse glaciaire dans les Vosges. Il est lié à la prédominance des glaciers d'Urbès et de la Thur sur celui du vallon du Storckensohn dont la glace et les eaux de fonte étaient refoulées vers le Sud-Est. Celles-ci ont creusé le couloir faisant communiquer les vallons de Storckensohn et de Mollau.

Des *cuvettes de surcreusement* et des *verrous glaciaires*, formes habituelles des cirques et des vallées glaciaires, sont bien apparentes dans les cirques du Gazon-Vert, du Lac-des-Perches et des lacs de Neuweiher. Dans le bassin de la Doller, la vallée d'Alfeld présente une succession de cuvettes de surcreusement glaciaire (ferme d'Alfeld, lac d'Alfeld) et de verrous bien caractéristiques d'une vallée glaciaire. Sous le lac de Sewen et en aval de l'éperon rocheux situé à l'Est du lac, le remplissage sédimentaire est bien connu (Gendrin, 1969 ; Ruhland, 1969) et atteint une quarantaine de mètres d'épaisseur dans les ombilics de surcreusement. Le soubassement des alluvions est mal connu entre Sewen et Kirchberg et nous ignorons s'il y a ou non des cuvettes de surcreusement glaciaire. L'escarpement rocheux situé à l'Est du lac d'Alfeld est le verrou glaciaire le plus important des Vosges alsaciennes, avec de nombreuses masses rocheuses à *formes moutonnées*, caractéristiques de l'abrasion glaciaire. Le village de Sewen est parsemé de masses rocheuses dures dégagées et façonnées par l'érosion glaciaire. De belles formes d'abrasion glaciaire peuvent être également observées à l'Est et au Nord-Est des lacs de Neuweiher.

Dans la vallée de la Thur, si les surcreusements sont importants en amont de la moraine de Wesserling (feuille à 1/50 000 Munster), ils sont moins marqués en aval de cette formation. L'exploration de la base des alluvions par géophysique* a montré l'existence probable d'un verrou, à 15 m de pro-

* D.D.E. du Haut-Rhin, G.E.P., Étude par prospection géophysique de la vallée de la Thur. Rapport C.G.G. H. J.V.e (FL), 1969.

fondeur, au Nord de la scierie de Willer-sur-Thur, soit au niveau d'avancée maximale du glacier de la Thur. A l'Ouest de ce verrou, il y aurait une cuvette de surcreusement d'une dizaine de mètres de profondeur. L'épaisseur importante du remplissage morainique et/ou fluvioglaciaire à l'Est du couloir de diffluence Storckensohn-Mollau (18 m)* pourrait être liée à un surcreusement glaciaire.

En amont de Willer-sur-Thur, en particulier sur la rive droite de la vallée, des *éperons tronqués* et *rabotés* (*épaulements glaciaires*), parsemés de blocs erratiques sont très apparents dans le paysage. Ils se succèdent régulièrement, en perdant de l'altitude d'amont en aval, du Brandkopff à celui qui domine la ferme du Loeffelbach.

Descriptions des formations glaciaires

La plupart des dépôts glaciaires observés, sont des moraines de fond, des moraines de versant ou des témoins de moraines érodées tels que des blocs erratiques. A l'exception de la moraine de Kirchberg (Gya) les vallums morainiques n'ont pas été conservés. Dans l'ensemble, les moraines sont moins apparentes dans le domaine couvert par la feuille que dans les Vosges moyennes où elles forment de nombreux chaos de blocs. Les formations schisto-grauwakeuses, volcano-sédimentaires et même le granite des Ballons ont fourni par altération une quantité relativement importante de matériaux fins. Les blocs morainiques empâtés dans ces matériaux fins fortement compactés par la dynamique glaciaire ont été moins souvent dégagés par les eaux de ruissellement. Cependant des moraines très riches en boules et en blocs s'observent dans les bassins versants où affleurent des ignimbrites rhyolitiques (vallon du Lachtelweiherbaechel), les diorites et gabbros d'Ermensbach (hameau de Rimbach) et les trachylabradorites porphyriques en amont de Bourbach-le-Haut.

Même les moraines relativement pauvres en gros blocs et d'aspect terreux sont très riches en éléments grossiers. Des analyses granulométriques effectuées sur une trentaine d'échantillons donnent une idée de la composition des moraines entre les blocs :

- Médiane 8 mm ; mode supérieur à 20 mm ; hétérométrie 1 à 12.5 (médiane 7.5),
- rudites (éléments de largeur supérieure à 2 mm) 40 à 90 % (médiane 65 %),
- arénites (éléments de largeur comprise entre 2 mm et 0,050 mm) 7 à 40 % (médiane 25 %),
- lutites (éléments de largeur inférieure à 0,050 mm) 1,5 à 25 % (médiane 10 %),
- argiles (éléments de largeur inférieure à 0,002 mm) 0,2 à 10 % (médiane 3 %).

Dans l'ensemble, la composition granulométrique des moraines varie assez largement d'amont en aval. En amont, elles ont une composition voisine de celles des formations de versant qui ont fourni l'essentiel des matériaux. Les blocs anguleux y sont prédominants. En aval, le matériau a souvent été un peu lavé par des eaux de fonte et s'est appauvri en fraction sableuse et limoneuse. La composition pétrographique des moraines reflète

* Munck F. - Résultats de la prospection géophysique de la retenue de Mollau. Rapport BRGM 78 SGN 256 ALS.

assez fidèlement celle des bassins versants situés à leur amont ou à celle du parcours emprunté par le glacier lorsqu'il y a eu diffluecence. Sa détermination donne souvent des renseignements précieux sur le sens des déplacements des anciens glaciers. La teinte des dépôts glaciaires est souvent grisâtre en relation avec des conditions hydromorphes. Sur les versants, elle peut être brunâtre ou même rougeâtre (moraines riches en matériaux issus de roches volcaniques acides).

Chronologie des dépôts glaciaires

Malgré l'abondance des témoins glaciaires, l'histoire précise des Vosges à l'époque des grandes glaciations quaternaires est encore mal connue. Pour dater les moraines des Vosges, les seuls critères actuellement utilisés sont le degré d'altération des dépôts et l'histoire de la végétation révélée par l'étude palynologique des tourbières recouvrant ou séparant différentes moraines.

Aucun témoin de glaciation très ancienne n'est connu dans les Vosges. Deux hypothèses sont généralement invoquées pour expliquer ce fait. Selon les auteurs, dans les Alpes et les Vosges, l'extension maximale des glaciers quaternaires est rapportée au Mindel ou au Riss et les phénomènes dynamiques liés à cette grande glaciation ont déblayé et remanié les dépôts des glaciers antérieurs. La seconde, est la surrection importante qui aurait affecté les Vosges au cours du Quaternaire (Von Velt, 1955 ; Vogt, 1967, 1980). Ces dernières années, les discussions ont porté sur l'attribution des moraines conservées à deux ou trois glaciations rapportées au Mindel, au Riss et au Würm (Seret, 1966 ; Théobald, 1973). Le débat est actuellement focalisé sur l'interprétation de la séquence pollinique de la tourbière de la Grande Pile (2,5 km au NW de Saint-Germain-les-Lure, feuille à 1/50 000, Giromagny ; G. Woillard, 1973 et 1980) et sur la position de l'interglaciaire nordique « Eemien » par rapport au Riss (Frenzell, 1973 et 1980).

Dans les vallées de la Thur et de la Doller, les dépôts glaciaires les plus externes sont peu altérés et suggèrent plutôt un âge Riss que Mindel. Ils ont été notés Gx, l'indice x étant utilisé sur les cartes géologiques d'Alsace pour désigner les formations rapportées au Riss. Selon l'opinion généralement admise, nous avons rapporté la moraine de Kirchberg (Gya) et le complexe morainique de Wesserling (feuille à 1/50 000, Munster) au Würm.

Gx. Formation glaciaire d'âge riss probable. Les dépôts glaciaires situés en aval de la moraine de Wesserling, dans la vallée de la Thur ont été notés Gx. A Willer-sur-Thur, hameau de Lœffelbach ($x = 953,200$; $y = 327,000$) sous une formation périglaciaire de versant épaisse de 2 m environ, affleure une moraine très compacte, constituée essentiellement d'éléments de grauwacke d'aspects très variés, avec un mélange d'éléments anguleux et d'éléments arrondis. Nombre d'entre eux sont altérés et l'affleurement a livré un petit « galet d'arène granitique » très micacé. La moraine de Lœffelbach est le témoin le plus externe reconnu pour le glacier de la Thur.

G. Formation glaciaire d'âge riss ou würm indéterminé. Des dépôts glaciaires, en position latérale par rapport aux moraines de Kirchberg, dans la vallée de la Doller et de Wesserling (feuille à 1/50 000 Munster), dans la vallée de la Thur ou en position avancée dans les bassins de la Rosemontoise

et du ruisseau de la Madeleine ont été notés G. Les rares affleurements observés ne montrent pas de traces d'altération significatives (quelques éléments altérés, parmi une majorité d'éléments non altérés), mais ces moraines ont pu être tronquées par érosion et perdre leurs horizons d'altération.

Gy. Formation glaciaire d'âge würm. La plupart des dépôts glaciaires situés à l'Ouest d'une ligne Kirchberg-Mollau ont été rapportés à la glaciation du Würm. L'absence d'altération notable dans les moraines et la fraîcheur du vallum morainique de Kirchberg permettent de penser que les glaciers würmiens se sont largement étendus dans les hautes Vosges du Sud. L'analyse pollinique de la tourbière du lac de Sewen (Firbas *et al.* 1948) a montré que ce site était libre de glaces à la période climatique « Arctique » (Tardiglaciaire) et que le remplissage de la cuvette de surcreusement glaciaire s'est effectué pendant le Tardiglaciaire et le Postglaciaire.

Gya. Moraine de poussée de Kirchberg d'âge würm I ou würm II probable. Reconnue dès 1847 par Émile Collomb, la moraine de Kirchberg présente la forme arquée typique d'un vallum morainique. Sa belle conservation, sa régularité et ses dimensions modestes (hauteur 3 à 5 m, largeur 10 à 15 m) étaient des arguments pour l'interpréter comme une moraine de poussée, lors d'une crue relativement brève du glacier de la Doller. Une coupe transversale de la moraine observée après la fabrication de la carte n'a cependant pas montré de glacio-tectonique et remet cette interprétation en doute. Par sa composition et sa structure le matériau est typiquement morainique. Il comprend un mélange de blocs anguleux et arrondis, de nature variée, représentatifs des roches constituant le bassin amont de la Doller. Ces blocs « flottent » dans une matrice terreuse sablo-limoneuse très compacte et présentant à sec un fruste débit feuilleté.

Gyc. Bourrelet morainique de cirque, d'âge tardiglaciaire. L'analyse pollinique des tourbières occupant le fond des cirques glaciaires et des niches de nivation situés sur les flancs nord et est des sommets des hautes Vosges (Hatt, 1937 ; Firbas *et al.* 1948) a montré qu'elles se sont formées au Préboréal (Postglaciaire ; Holocène). J. Tricart, 1963, en déduit que ces sites n'ont été libérés des glaces qu'à cette époque. Les masses morainiques bordant ces tourbières, en particulier celles du versant Nord-Est du Ballon d'Alsace, ont été rapportées au Tardiglaciaire.

Blocs erratiques (âge Riss ou Würm). Dans les vallées ayant subi une englaciation, en particulier sur les parties hautes de versants et même sur des interfluves, on rencontre des blocs isolés ou en petit nombre, de nature différente du substrat sur lequel ils reposent. Ce sont des témoins de dépôts glaciaires, épargnés par l'érosion en raison de leur masse. Leur forme est généralement arrondie et ils ont été parfois même polis par les eaux de fontes des glaces. Ils ne sont généralement pas altérés. Tout au plus, observe-t-on un cortex d'altération épais de quelques dixièmes de millimètres. Les blocs erratiques sont particulièrement utiles pour reconstituer les cheminement des anciens glaciers. Les blocs en granite du Bramont : GyB (beau granite clair monzonitique ponctué de rose), en granite du massif du Drumont GyD (granite porphyroïde gris) et en gabbros du Thalhorn Gθ indiquent un apport de la partie amont de la vallée de la Thur (feuille à 1/50 000 Munster). Ils jalonnent bien la diffluence du glacier de la Thur au-dessus du Chauvelin

et des interfluves séparant les vallons de Mollau, de Mitzach et de Moosch et le cheminement des glaces jusqu'à la ferme de Loeffelbach en amont de Wiler-sur-Thur. L'abondance de blocs de microgranite $G_{\mu\gamma}^3$ indique un apport du fond de la vallée d'Urbès (feuille à 1/50 000 Munster). Les blocs de spilites : GK^3 proviennent essentiellement de la Tête du Rouge Gazon. Les blocs de granite des Ballons $G_{p\gamma}^3$ jalonnent une diffluence des glaces du secteur du Lac des Perches vers le vallon du Rimbachrunz. Dans le bassin versant de la Doller ils constituent un bon marqueur des glaces de la crête allant du Ballon d'Alsace à la Tête des Perches.

Moraine de versant plus ou moins lavée et remaniée (surcharge de points bleus sans notation). Sur de nombreux versants de l'ancien domaine glaciaire, on observe des placages résiduels de moraines souvent lavées et remaniées par les eaux de ruissellement et la gélifluxion. Ces placages sont généralement localisés dans les parties déprimées des versants, surtout à l'aval de masses rocheuses faisant plus ou moins saillie sur le versant.

RG. Formation glaciaire résiduelle. Dans certains fonds de vallons et bas de versant, s'observent des amas de blocs anguleux à émoussés, correspondant à d'anciennes moraines plus ou moins lavées et légèrement remaniées. Ces amas forment un léger relief, de l'ordre de un à trois mètres, au fond du vallon, gênant l'écoulement fluvial. Mal organisé, celui-ci s'effectue souvent par deux ruisseaux situés de chaque côté du dépôt.

Le fond du vallon situé à l'Est des ruines du Freundstein (Est de Goldbach), est occupé entre les courbes de niveau 625 et 650 m, par un dépôt très compact et très hétérométrique, à blocaille anguleuse et émoussée et matrice limoneuse très compacte. Ce dépôt, sans forme caractéristique pourrait être une moraine tronquée, en surface, par l'érosion.

Formations fluvi-glaciaires. Nous n'avons considéré comme fluvi-glaciaire que les alluvions très grossières situées dans l'ancien domaine glaciaire. Ce sont des dépôts très grossiers constitués essentiellement de gros galets et de petits blocs roulés, généralement sans stratifications nettes et sans intercalations sableuses. Elles se distinguent nettement des matériaux morainiques par la structure jointive des éléments, tous de forme arrondie et l'absence ou la faible importance de matrice terreuse. Les formations fluvi-glaciaires peuvent contenir des blocs de longueur égale et supérieure à 50 cm.

FGx. Formations fluvi-glaciaires, d'âge riss probable. Au Nord de Moosch, dans la vallée de la Thur, un dépôt alluvial très grossier, anciennement exploité, apparaît suspendu au-dessus du fond du vallon du Bachmatruntz, en contrebas de la gouttière qui sépare la butte cotée 578 m du versant. Il s'agit de toute évidence du dépôt d'un ancien torrent glaciaire, les glaces ayant recouvert l'éperon tronqué dominant la gouttière au Nord-Ouest et le dépôt ayant le spectre pétrographique du bassin amont de la Thur (ébauche de diffluence du glacier de la Thur vers le vallon du Bachmatruntz). Comme ce dépôt est situé très en aval par rapport au domaine glaciaire de la Thur, il a été noté FGx. Les galets ne sont pas altérés.

FGy. Formations fluvioglaciales d'âge würm relativement récent (würm III probable). Ces formations ont été reconnues dans les vallées de la Thur, de la Doller et dans celle de la Moselle.

Dans la vallée de la Thur, en amont de Saint-Amarin et seulement en rive droite entre Brand et Willer-sur-Thur, elles forment une terrasse séparée de la basse plaine alluviale par un talus d'une hauteur voisine de 4 mètres. Elles correspondent aux alluvions Fyb représentées sur la carte Munster et sont constituées par un matériel très grossier à blocs roulés de granite et de grauwacke dont la taille atteint et dépasse 25 cm.

Dans le couloir de diffluence entre Storchensohn et Mollau, un matériel semblable, mais moins riche en granite, a été extrait près de Mollau, sous une faible couverture tourbeuse. Des sondages pour une retenue d'eau ont montré que leur épaisseur pouvait atteindre 18 m. (surcreusement glaciaire probable).

Dans la haute vallée de la Doller, une formation fluvioglaciale bien caractérisée constitue une terrasse très nette entre Dolleren et Kirchberg, limitée de la basse plaine alluviale par un talus de 5 à 6 m de hauteur. Sa position en amont du vallum morainique de Kirchberg lui donne un âge würm assez récent. Le matériau est très grossier et riche en petits blocs roulés atteignant et dépassant fréquemment une longueur de 30 cm. Les galets sont beaucoup plus abondants que la matrice. Les blocs et galets sont essentiellement constitués par des roches éruptives du massif des Ballons et des roches volcaniques du Viséen, ne montrant guère de traces d'altération. A la surface de la terrasse, gisent quelques blocs de granite émoussés dont les plus gros ont une longueur de 75 cm.

Dans la vallée de la Moselle, les alluvions FGyb forment le soubassement d'une terrasse, en aval de Bussang, entaillée par un large vallon. Elles affleurent dans une ancienne carrière, au lieu-dit «Le Champ Colnot» (x = 936,850 ; y = 329,300). Dans la partie supérieure du front de taille, sur 2 m le matériel est très grossier et riche en gros blocs de granite porphyroïde, les plus gros ayant une longueur de 1,2 m (blocs glaciels possibles). Dans la partie inférieure, sur 4 m, les alluvions sont beaucoup moins grossières (taille moyenne des galets voisine de 6 cm), les blocs étant beaucoup moins fréquents et plus petits. En outre, elles présentent des intercalations de lentilles sableuses et un litage subhorizontal très net. L'existence de dépôts deltaïques glaciolacustres 300 m en aval de cette carrière, suggère une influence possible du milieu lacustre (débordement et tri du matériel fluvioglaciale lors des crues du lac). 5 à 10 % des galets de granite apparaissent altérés, les autres types de galets (grauwackes, kératophyres, spilites et mylonites) n'étant pas altérés.

Formations glacio-lacustres

Dues à un épandage de matériaux morainiques ou fluvioglaciales dans un lac, ces formations ont une extension très réduite et sont peu nombreuses. Elles n'ont été reconnues qu'au Sud-Ouest de Storckensohn et en aval de Bussang.

LGy. Formation glacio-lacustre d'âge würm probable. En aval de Bussang, une petite carrière exploite un matériau deltaïque recouvert par

une moraine, 3 à 4 m au-dessous de la terrasse fluvio-glaciaire. Sur un front de taille d'une hauteur de 4 m, le matériel glacio-lacustre présente une stratification oblique. L'inclinaison des strates, vers l'aval, est voisine de 20°. A la base, affleurent sur 0,50 m des sables à grain moyen, provenant du remaniement d'arènes granitiques. La masse principale de la formation apparaît constituée par une alternance de lits à galets de longueur inférieure à 20 cm et de couches de sable. Très roulés, les galets sont en granite, prédominants, en grauwacke et plus rarement en kératophyre.

L.Gyb. **Formation glacio-lacustre d'âge würm III probable.** Au Sud-Ouest de Storckensohn, deux petits dépôts perchés en terrasse, constitués de galets assez roulés, pourraient correspondre à un épisode lacustre lors de la décrue après le maximum glaciaire du Würm. Étroit et moins alimenté que le glacier de la Thur, diffluant par Storckensohn et Mollau, le glacier de la vallée de Storckensohn a vraisemblablement reculé avant que les glaces de la Thur ne dégagent les issues de la vallée par Urbès ou le couloir de diffluence vers Mollau. En rive droite, le dépôt se situe à une altitude un peu plus élevée. Il pourrait correspondre à un stade précoce de l'épisode lacustre supposé ou à une terrasse de kame un peu antérieure.

Formations alluviales.

La feuille Thann comporte deux principaux types de matériaux alluviaux : des matériaux d'origine vosgienne déposés par l'important réseau fluvial qui rayonne autour des Vosges du Sud et des matériaux « rhénans », d'origine alpine pour l'essentiel. Les nappes alluviales sont emboîtées en terrasses (Förster, 1892). Si dans les Vosges, les alluvions sont cantonnées dans les vallées qui étaient déjà bien formées au début du Quaternaire, dans la plaine d'Alsace, elles occupent de très larges étendues. D'après leur position morphologique, le degré d'altération des matériaux, le contexte local et quelques données paléontologiques régionales, 4 principaux niveaux d'alluvion ont été bien individualisés dans la vallée de la Doller où la succession est la plus complète (données de synthèse Théobald, 1950 ; Vogt, 1974 et 1980).

— Le niveau Fv-w (altitude relative 50 à 55 m, souligne un ancien glacis au pied du massif vosgien. Il comprend des alluvions très anciennes Fv d'âge pliocène supérieur probable correspondant à une paléodoller tributaire d'un ancien écoulement du bassin rhénan alpin vers la plaine de la Saône et des alluvions Fw beaucoup moins altérées, probablement emboîtées dans les alluvions Fv.

— Le niveau Fx (altitude relative 8 à 10 m.) attribué au Riss (N. Théobald, 1950).

— Le niveau Fy d'âge würm (altitude relative 3 à 4 m.)

— La nappe alluviale de fond de vallée d'âge holocène.

Fv-w - Nappe d'alluvions du Quaternaire ancien, très altérée (Fv) avec remplissages emboîtés d'alluvions d'âge mindel probable (Fw), mal localisés (Fv-w).

Fw - Alluvions d'âge mindel probable (galets très altérés à non altérés). Ces alluvions jalonnent la surface du Piémont vosgien, au Sud de la vallée

de la Doller, fortement disséqué par le réseau fluvial actuel. Elles se suivent en continuité depuis Masevaux (altitude 425 m) où elles forment la plus haute terrasse alluviale de la partie vosgienne de la vallée de la Doller, jusqu'à la limite méridionale de la feuille (380 à 400 m à l'Ouest ; 340 m à l'Est). Vers le Sud, elles se relient aux cailloutis du Sundgau, alluvions très anciennes correspondant à un écoulement au Pliocène supérieur ? du Rhin alpin vers la plaine de la Saône (équivalents des Cailloutis de la Forêt de Chaux ; mises au point de N. Théobald, 1934 ; C. Sittler, 1972). Ces alluvions anciennes sont assez grossières. Le matériel originaire de la vallée de la Doller est dans l'ensemble constitué de galets, de roches volcaniques acides et basiques du Viséen, de granite des Ballons et de grauwacke, très altérés, beaucoup d'entre eux ayant perdu toute cohérence. Ils sont emballés dans une matrice relativement riche en limon et en argile. Un certain nombre d'affleurements ont fourni un matériau présentant une altération beaucoup moins intense et comprenant même des éléments de roches éruptives non altérés (très haute terrasse de Masevaux, Étang de la Seigneurerie) :

Masevaux, alluvions de la très haute terrasse, coupe du collège (x = 949,00 ; y = 318,00) Mesures F. Ménillet et H. Vogt.

Granulométrie

- Rudites (> 2 mm) 59 %
- Arénites (de 2 mm à 0.050 mm) 22 %
- Lutites (< 0.05 mm) 19 %
- Plus gros galet observé : 30 cm

Nature et degré d'altération des galets (pourcentages)

Nature	Degré d'altération			
	non altérés	légèrement altérés	assez altérés	très altérés
Roches volcaniques acides (44)	7	7	16	14
Roches volcaniques basiques (15)	1	4	4	6
Granite des Ballons (34)	2	4	10	15
Grauwackes (5)	2		1	1
Gabbro (2)			1	1
Totaux/100	12	18	32	38

Ces données sont compatibles avec un âge mindel dans l'échelle établie sur le degré d'altération dans le contexte alsacien (mise au point H. Vogt et F. Ménillet, 1980). La surface de la masse alluviale Fv-w serait donc une surface d'érosion d'âge mindel, tronquant plusieurs formations (Pliocène de Lauw et alluvions Fv). Malgré cette troncature, ces alluvions sont encore épaisses avec une puissance souvent supérieure à 5 m. Les sondages 7-2 et 7-4 les ont traversées sur 25 à 30 m avant de rencontrer le substratum oligocène. Plus au Sud (feuille à 1/50 000 Belfort) un approfondissement local de la base des alluvions a été mis en évidence par géophysique et confirmé par un sondage mécanique (secteur de Chavannes-sur-l'Étang, sondage n° 444-3-127).

Il est donc probable qu'il existe un ancien thalweg de direction Nord-Ouest-Sud-Est avec un tracé en baïonnette au Sud de Bréchaumont et comblé par les alluvions Fv. Entre Burnhaupt-le-Bas et Diefmatten, la tran-

chée de l'autoroute A 36 a recoupé une intercalation argileuse noire dans la partie sommitale des alluvions Fv. Ce matériau a fourni une microflore comparable à celle d'une période interglaciaire (*Betula*, *Pinus diploxylon*, *Corylus*, *Alnus*, *Carpinus*, *Fagus*, *Quercus*, *Abies*, *Vitacées*, *Laevigatosporites haardti*). Déterminations G. Farjanel, BRGM Orléans), mais trop pauvre en espèces pour préciser l'âge de la formation Fv attribuée de façon hypothétique au Pliocène supérieur (Théobald, 1934) ou plus précisément au Prétiglien, première phase froide du Plioquaternaire (Geissert *et al.*, 1976).

Au Nord de la Doller, les restes d'alluvions Fv et Fw sont très tenus. A. Briquet (1930) et H. Vogt (1980) mentionnent deux lambeaux d'alluvions anciennes au Nord de la Thur (altitudes 340 m et 365 m ; âge mindel possible).

R_{Fw} - Alluvions résiduelles d'âge mindel probable. Au Sud-Ouest de Bourbach-le-Bas, sur l'interfluve à la surface des champs, s'observent quelques galets de quartz et de roches de la vallée de la Doller, plus ou moins altérés. Il s'agit probablement d'un placage d'âge mindel.

A l'Étueffont-Haut, au N-W du village, une tranchée située juste en contrebas du point coté 478 m a montré des alluvions anciennes limoneuses, plus ou moins solifluées, beige-rougeâtre, à éléments de socle (série de Thann-Giromagny). Certains de ces éléments sont nettement altérés ; d'autres ne présentent qu'un mince cortex d'altération blancheâtre. L'altitude relativement élevée de ces alluvions et leur degré d'altération constituent des arguments en faveur d'un âge mindel. A l'Est d'Étueffont-Bas, une haute terrasse, s'abaissant assez rapidement vers l'aval, à galets d'origine vosgienne, en partie altérés, pourrait correspondre à la même nappe alluviale que les alluvions R_{Fw} d'Étueffont-Bas ou être légèrement postérieure.

R_F - Alluvions anciennes résiduelles, blocs de quartzite et galets de quartz, avec indication de la formation sous-jacente. A Michelbach, s'observe au-dessus des assises de l'Oligocène un pavage discontinu de galets et blocs très émoussés de Gres vosgien et de Conglomérat principal très cimentés (quartzites), accompagnés de galets de quartz. Les plus gros blocs dépassent 30 cm. Ces matériaux se situent dans une position morphologique semblable aux alluvions Fv-w, mais leur faciès rappelle celui des alluvions des buttes de Vauthiermont et Haut-Bois (feuille à 1/50 000 Belfort). Dominant la nappe Fv-w de 20 à 25 m, ces alluvions sont attribuées de façon hypothétique (Théobald, 1975) au Pliocène moyen. Étant donné les mouvements tectoniques qui ont affecté le Fossé rhénan méridional au Quaternaire ancien, la différence de position morphologique entre les alluvions anciennes des buttes du Belfortais et celles de Michelbach n'est pas significative.

Au Sud de Sentheim, sous les alluvions Cy, une tranchée ouverte postérieurement à la fabrication de la carte, a traversé des alluvions anciennes solifluées à blocs de grès blanc quartziteux rappelant un peu les alluvions R_F de Michelbach.

Fx - Alluvions d'âge riss (galets altérés à non altérés). Les alluvions attribuées au Riss donnent des affleurements peu étendus et assez dispersés. Dans la vallée de la Thur, à Cernay, Uffoltz, Wattwiller et Aspach-le-Bas ;

dans celle de la Doller, de Sentheim à Burnhaupt-le-Haut ; dans celle du Bourbach, en aval de Bourbach-le-Bas et dans la vallée de la Rosemontoise, en aval de Vescemont. Elles se trouvent en position de terrasse, quelques mètres (1 à 10 m. et plus à Wattwiller) au-dessus de la plaine alluviale actuelle.

Le meilleur affleurement se situe dans la carrière Lesage à Burnhaupt-le-Haut, dans la vallée de la Doller. Sous une couverture de loess assez altérés, la découverte de l'argilière recoupe 5 m environ d'alluvions très grossières de type torrentiel (glacio-fluvial) sans stratification nette. D'aspect « sale », elles sont assez altérées. Les tableaux, ci-dessous, donnent la nature des galets et la granulométrie de la formation. Ces alluvions ont été recoupées par la tranchée de l'autoroute sous la N 446, entre Burnhaupt-le-Haut et Burnhaupt-le-Bas, sur 1,5 m. Là, leur granulométrie et leur composition sont semblables à celles de la carrière Lesage : roches éruptives du massif du Ballon d'Alsace (granite, monzonites, diorites, gabbros et microgranites) : 30 % ; porphyres (latites) : 30 à 40 % ; roches volcaniques acides du Molkenrain : 30 % ; rares grauwackes, laves basiques, grès vosgiens et brèche de la faille vosgienne.

Granulométrie des alluvions

Rudites (> 2 mm)	81 %
Arénites (de 2 mm à 0,05 mm)	13 %
Lutites (< 0,05 mm)	6 %
Plus gros galet observé : 40 cm	

Nature et degré d'altération des galets (pourcentages)

Nature	Degré d'altération				
	non altérés	légèrement altérés	moyennement altérés	assez altérés	très altérés
Roches volcaniques acides (64)	14	25	13	11	1
Roches volcaniques basiques (7)	1	5	1		
Granite des Ballons (23)	1	7	5	7	3
Grauwackes (6)	3		1	1	1
Totaux/100	19	37	20	19	5

Granulométrie et composition des alluvions de la haute terrasse de la Doller dans la carrière Lesage à Burnhaupt-le-Haut (Haut-Rhin). Mesures F. Ménillet et H. Vogt.

Sur la bordure méridionale de la vallée de la Thur, les alluvions Fx ont été exploitées au nord d'Aspach-le-Bas, sous une couverture de loess de 3 à 4 m d'épaisseur. Elles ont été reconnues jusqu'à une profondeur de 15 m.

Au Nord de Cernay, en rive gauche, des alluvions à éléments peu altérés jonchent de grands glacis. A Waitwiller, elles sont assez grossières, avec des éléments atteignant une longueur de 30 cm. Composées d'éléments de socle souvent peu roulés, elles ont une matrice limono-argileuse qui a favorisé leur remaniement par solifluxion.

En marge de la vallée de la Rosemontoise, les alluvions Fx, d'origine vosgienne, ont une matrice limono-argileuse rougeâtre.

R_{Fx} - Alluvions d'âge riss probable, résiduelles. Au Sud de Schweighouse-Thann, en rive gauche de la Doller, des galets résiduels gisent, épars, au-dessus des marnes oligocènes g2.

F_{x-y} - Alluvions d'âge riss à würm. La notation F_{x-y} a été utilisée pour des alluvions anciennes des ruisseaux de la Madeleine et de Saint-Nicolas. A Anjoutey, celles du ruisseau de la Madeleine comprennent outre des éléments de socle altérés à non altérés et des galets de grès rouge provenant du Permien. Entre Leval et Petitefontaine, celles du ruisseau de Saint-Nicolas sont essentiellement constituées d'éléments de la série de Thann, avec une prédominance des ignimbrites rhyolitiques.

F_y - Alluvions d'âge würm (galets non altérés). A leur débouché sur la plaine, les principales rivières vosgiennes : la Thur, la Doller et la Savoureuse ou plus précisément les torrents préglaciaires drainant au Würm ces vallées, ont étalé une importante masse d'alluvions grossières, en particulier le vaste cône d'épandage de l'Ochsenfels au Sud de Cernay.

Vallée de la Thur. Dans la partie vosgienne, les alluvions F_y se distinguent des alluvions F_z qui les recouvrent par leur granulométrie beaucoup plus grossière, avec de très nombreux blocs atteignant et dépassant 30 cm de longueur. Les galets sont principalement constitués de grauwacke de microgranite et de granite. En aval de Thann, dans le cône de l'Ochsenfels, elles comprennent en plus des éléments de roches volcaniques de la série de Thann. Elles sont encore très grossières, à faciès glacio-fluvial ; à Vieux-Thann, des sondages ont remonté plusieurs blocs de granite du Bramont, de 30 à 50 cm de longueur, et de rhyolite ignimbritique de 30 à 35 cm. Leur matrice est un peu limoneuse et argileuse en profondeur. Leur épaisseur atteint 14 m à Vieux-Thann, mais peut être beaucoup plus importante en aval comme à l'Institution Saint-André, au Sud-Ouest de Cernay, où elles ont une puissance de 30 m (Dubois, 1938). Dans cet endroit, elles comprennent quelques intercalations sableuses et limoneuses. Ces alluvions ont été intensément exploitées au Sud de Cernay.

Vallée de la Doller. Les alluvions würmiennes forment une basse terrasse bien développée à Sentheim et en aval de cette localité. Très grossières, elles ont un caractère glacio-fluvial avec de nombreux blocs de 30 à 60 cm de longueur. Leur composition reflète la lithologie du bassin versant vosgien de la Doller. Au confluent du Bourbach, leur matrice est rougeâtre, assez limoneuse, dès 3 m de profondeur.

Vallée de la Savoureuse. A Saint-Marcoux, près de La Chaux, les alluvions F_y sont constituées de galets bien roulés provenant du socle vosgien, d'une longueur inférieure ou égale à 20 cm. Leur matrice est assez limoneuse et grise, hydromorphe en surface. Plus à l'Ouest (feuille à 1/50 000 Giromagny) elles sont plus propres et exploitées comme graves. Leur épaisseur est voisine de 4 m.

F_{yc} - Alluvions d'âge würm IV (Tardiglaciaire) probable. Trois petites terrasses alluviales, dans la vallée de la Doller entre Lauw et Sentheim, dans

celle de la Thur, à Saint-Amarin et au Charbonniers, au NW de la carte, ont été notées F_{yc} par leur position en terrasse très basse (inférieure à 1 m) au-dessus de la basse plaine alluviale. Une coupe près de la gare de Saint-Amarin a montré le caractère glacio-fluvial du matériau, identique à celui des alluvions F_y.

F_{yL} - **Limons sableux sur la basse terrasse.** En aval de Cernay, à proximité de la rive droite de la Thur, les alluvions F_y sont recouvertes par une mince couverture de limons sableux.

F_{y-z} - **Alluvions d'âge würm à holocène.** En raison des difficultés de corrélation avec les vallées principales et de l'utilisation de la notation F_{x-y} pour la basse terrasse, les alluvions de fonds de vallée des ruisseaux de la Madeleine et de Saint-Nicolas ont été notées F_{y-z}. Hydromorphes, ces basses plaines alluviales ne donnent guère d'affleurement.

F_z, F_{za}, F_{zb} - **Alluvions d'âge holocène.** A l'exception du fond du lit mineur des rivières principales, les alluvions F_z sont généralement fines, sablo-limoneuses et peu épaisses (1 à 2 m). A Masevaux, ces alluvions se subdivisent en deux niveaux, le plus ancien (F_{ya}) formant une terrasse très basse sur la basse plaine alluviale (F_{yb}) guère entaillée par le lit mineur. Cette subdivision a été généralisée sur la majeure partie des cours de la Thur et de la Doller.

Formations d'origine éolienne

Les loëss, accumulations de poussières déposées par le vent, s'étendent principalement au Sud de la vallée de la Thur, comme dans les autres parties de la plaine d'Alsace, ils se sont déposés pendant les épisodes froids et secs du Quaternaire, principalement durant le Mindel, le Riss et le Würm. D'une épaisseur généralement comprise entre 2 et 4 m (maximum observé dans une tranchée de l'autoroute A 36 au N-NW d'Éteimbes : 6,50 m), la couverture loëssique comprend généralement plusieurs dépôts de loëss successifs. En bonne logique, les surfaces morphologiques élevées, à soubassement d'alluvions anciennes, sont tapissées par des loëss plus anciens et plus altérés que les surfaces récentes telles que les terrasses alluviales würmiennes. Ainsi, trois unités cartographiques ont été distinguées : $\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{W}$ -x, sur alluvions F_{v-w}; $\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{X}$ -y, sur F_x et $\mathcal{C}\mathcal{E}$ -y sur F_y.

$\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{W}$ -x. **Complexe loëssique décalcifié d'âge mindel à riss probable.** Assez épais, le complexe loëssique $\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{W}$ -x affleurerait bien dans les tranchées de l'autoroute A 36, avant leur engazonnement. En position de plateau, la couche superficielle est un limon loëssique beige panaché de beige très clair (sol lessivé dégradé), épais de 1,2 à 1,5 m. A sa base, on observe de place en place un niveau de concrétions ferro-manganiques tendres, ayant un diamètre de l'ordre de 0,5 à 1 cm. En-dessous, les coupes de l'autoroute montraient deux horizons de limons panachés ocre et gris clair, plus argileux, épais de 1 à 3 m, localement séparés par un limon loëssique jaune, à taches d'hydromorphie. Dépourvus de carbonates, ces limons ont été probablement décalcifiés par altération météorique. La couche superficielle étant nettement plus altérée que les loëss $\mathcal{C}\mathcal{E}$ -y, il est vraisemblable que le

complexe lœssique $\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{S}_{w-x}$ soit antérieur au Würm. Il n'est cependant pas exclus que des lœss würmiens soient localement préservés sur la haute surface du piémont vosgien dans de petites dépressions, protégées de l'érosion.

$\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{S}_{x-y}$. **Complexe lœssique décalcifié d'âge riss au würm ancien.** Le complexe lœssique $\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{S}_{x-y}$ couvre de larges surfaces au Sud de la Doller ; entre cette rivière et la Thur, il n'est conservé qu'en lambeaux résiduels de forme souvent allongée. Il a été exploité à Aspach-le-Bas. La découverte de l'argillère Lesage au NW de Burnhaupt-le-Haut en donne une coupe assez complète, mais insuffisamment étendue pour apprécier de possibles variations latérales (épaisseurs en mètres) :

0,20 — sol de culture limoneux ;

0,60 — limon beige clair, plus ou moins dégradé, avec langues de dégradation pénétrant jusqu'à 30 cm dans l'horizon sous-jacent ;

0,30 — limon brun-beige à ocre avec nombreuses concrétions ferro-manganiques d'un centimètre de diamètre environ, passant progressivement au limon sous-jacent ;

1,20 — limon compact, brun-beige panaché d'ocre et veiné de blanc (fentes de réduction le long des racines) avec nombreuses petites taches ferro-manganiques de 2 mm de diamètre environ ;

0,15 — niveau d'accumulation ferro-manganique en concrétions ayant jusqu'à 1 cm de diamètre ;

0,35 à 0,40 — limons sableux ocre clair, compacts, à nombreuses taches ferro-manganiques de 1 à 3 mm de diamètre et revêtements argileux peu développés sur les fissures ;

soubassement ; alluvions Fx.

Le complexe $\mathcal{C}\mathcal{E}\mathcal{S}_{x-y}$ comprend donc plusieurs couches de lœss, plus ou moins altérées. Le limon superficiel est beaucoup plus altéré que ne le sont habituellement les lœss würmiens d'Alsace (sol en partie dégradé). Un âge würm ancien ne peut cependant pas être exclu pour ce limon (avis largement exprimé lors de l'excursion INQUA 1978).

$\mathcal{C}\mathcal{E}_{-y}$. **Lœss d'âge würmien, plus ou moins décalcifiés en surface.** Les lœss récents occupent des surfaces assez étendues sur les interfluves situées à l'Est d'une ligne Burnhaupt-le-Bas — Aspach-le-Bas. Ils sont généralement décalcifiés en surface (« lehm », sens français). Leur épaisseur moyenne est de l'ordre de 2 à 3 m. Le lœss décalcifié repose habituellement sur un lœss de teinte jaune-ocre qui recouvre lui-même un limon fossilifère ayant fréquemment une teinte grise à gris-beige clair. La malacofaune indique un climat très froid et sec (déviation d'Aspach-le-Bas, déterminations F. Geissert) :

Espèces	pourcentage évalué
<i>Succinea oblonga</i> & <i>S. elongata</i>	70
<i>Pupilla muscorum</i> L <i>typica</i>	20
<i>Clausilia parvula</i> *	4
<i>Columella columella</i>	2

* cette espèce accessoire des lœss d'Europe, est souvent abondante dans les lœss d'Alsace.

<i>Limax sp.</i>	0,5
<i>Trichia concinna (Tr. hispida)</i>	3,5

Les variations latérales sont fréquentes comme le montre la comparaison entre les deux côtés de la tranchée de la D. 20 sous la déviation d'Aspach-le-Bas :

Côté nord :

0,20 — sol brun lessivé ;

0,50 — lehm brun rougeâtre argileux ;

2,00 — limon jaune-ocre, assez compact, à concrétions ferro-manganiques et à fentes et canalicules revêtus d'argile brun rougeâtre ;

1,50 — limon gris à gris-beige clair, fossilifère ;

Côté sud :

0,20 — sol brun lessivé ;

0,50 — lehm brun rougeâtre, argileux ;

0,30 — limon jaune-ocre avec fentes et canalicules revêtus d'argile brun rougeâtre ;

0,40 — *id.* devenant brun-rouge, panaché de jaune-beige ;

0,35 — *id.* panaché de gris ;

0,80 — limon gris, panaché d'ocre, localement fossilifère ;

1,50 — limon brun beige clair à tâches ocres et petites concrétions Fe-Mn (cf. carrière Lesage) ;

— zone de transition riche en concrétions Fe-Mn ;

visible sur 0,20 — limon rougeâtre panaché de brun-beige clair.

**Formations colluviales et alluvions peu élaborées
des vallées secondaires.**

Dans les bas de versants et les fonds de vallons, outre des formations glaciaires et des formations de gélifluxion, nous avons distingué des colluvions et des cônes de déjection, liés au ruissellement diffus (colluvions), concentré (dépôts de fonds de vallons) ou divagant au débouché du vallon sur la vallée principale (cônes) ainsi que des dépôts tourbeux, formés dans des eaux stagnantes. Les cônes d'avalanches constituent des formations un peu particulières avec action successive des phénomènes de gravité et de ruissellement.

Colluvions : limons, sables et petits fragments lithiques.

Les colluvions sont généralement des dépôts assez fins, sablo-limoneux, contenant souvent de petits fragments lithiques, liés au ruissellement diffus ou peu concentré. Elles se différencient bien des formations de gélifluxion, par leur granulométrie, plus fine, des ébauches de tri et une moindre hétérogénéité. Elles diffèrent des alluvions par leur mauvais triage, la forme anguleuse à subanguleuse de leurs éléments (à l'exception des éléments roulés

remaniés par colluvionnement) et le mélange des fractions graveleuses et limoneuses, séparées dans les alluvions non altérées (sables et graviers et limons d'inondation). Les colluvions se présentent généralement sous l'aspect d'un matériau limoneux, meuble, aéré de vides petits et nombreux, marron, brun clair ou gris-brun lorsqu'elles sont hydromorphes, avec de petits fragments lithiques anguleux à subanguleux de 1 à 2 cm de longueur. Les ébauches de litage sont peu fréquents. Le colluvionnement est un phénomène très actif sous climat tempéré humide qui a été favorisé par les défrichements historiques, puis la destruction des anciennes terrasses de culture et les remembrements. Une grande partie des colluvions datent de l'époque holocène, y compris les temps historiques.

Cw-x. **Colluvions anciennes d'âge mindel ou riss probable.** 2 km environ à l'Ouest de Masevaux, un petit lambeau de colluvions perché une dizaine de mètres au-dessus du réseau hydrographique würm-holocène a été rattaché à une époque antérieure au Würm.

Cy. **Colluvions d'âge würm, pour l'essentiel.** Plusieurs dépôts colluviaux, légèrement perchés au-dessus des fonds de vallées actuels ont été attribués au Würm : remplissages de vallons en rive gauche de la Thur, couverture de bas versant en rive droite du Michelbach, vallon au Sud de Sentheim, vallons suspendus au Sud de Masevaux, revêtement d'un petit glacier au SW de Rougemont et vallon suspendu au SE de Vescemont.

En rive droite du Michelbach, lors des travaux du plan d'eau élaboré depuis sur cette rivière, une coupe était visible dans les colluvions Cy (épaisseurs en mètres) :

0,75 – limons colluviaux constitués de matériaux loessiques et molassiques remaniés, très compacts, de teinte jaunâtre à gris-beige, avec des taches blanches typiques des sols dégradés ;

0,10 à 0,15 – niveau limoneux gris violacé (gley) ;

0,20 limon plus ou moins hydromorphe à très nombreuses traces de racines ;

visible sur 0,40 – limons très hydromorphes gris à violacés.

Cy-z. **Colluvions d'âge würm à holocène.** La plupart des remplissages de fonds de vallons sont récents, postérieurs à la grande phase de creusement du würm. Ces dépôts sont généralement assez grossiers à la base (âge fin würm probable) et fins sablo-limoneux dans leur partie supérieure (âge holocène). Leur épaisseur est habituellement comprise entre 1 et 4 m.

Les travaux de la retenue d'eau de Michelbach ont permis d'observer une coupe dans le fond de la vallée (épaisseurs en mètres) :

0,15 à 0,20 – sol d'apport colluvial, localement hydromorphe ;

0,00 à 0,50 – limon d'aspect semblable à un loess, à trous de radicules et fin débit prismatique, passage progressif à la couche sous-jacente ;

0,50 à 1,05 – limons argileux jaunâtres à rougeâtres en profondeur, panachés de gris-beige (pseudogley), à fin débit polygonal ;

0,00 à 0,20 – niveau irrégulier brun-rouge grisâtre d'accumulation ferromanganique ;

0,10 à 0,75 — limon gris bleuté à gris verdâtre (gley) argileux, avec localement gros galets et tâches ocres d'oxydation, disparaissant vers le versant au profit du limon rougeâtre surincombant ;

0,00 à 0,50 — limons rougeâtres à ocres, plus ou moins en poches, avec fentes de réduction grises et passées de galets ;

1,00 à 1,50 — alluvions rougeâtres à matrice limono-sableuse importante, atteignant et dépassant 30 % du volume du matériau, gros galets et blocs de Grès vosgien et de Conglomérat principal, non altérés ;

substrat ; sable fin et silts gris oligocènes.

Les alluvions datent probablement du würm. De forme très aplatie, les blocs et galets sont identiques à ceux de la formation RF. Ces blocs s'observent également en assez grand nombre sur les versants dans les formations de solifluxion. L'apport de blocs par solifluxion jusqu'au fond de la vallée explique la taille disproportionnée de ces éléments pour des alluvions d'un ruisseau secondaire.

C. Colluvions indifférenciées. La notation C a été utilisée pour des colluvions pour lesquels nous manquons d'éléments de datation. Ainsi, un dépôt limoneux recouvre la partie base du versant dominant Bitchwiller en rive droite de la Thur. Par leur teinte et leur aspect, ces colluvions ressemblent à du matériel loessique. Un déblai les a entaillées sur une épaisseur de 5 m.

CFy-z. **Alluvions des vallées secondaires.** Formant une transition entre les colluvions et les alluvions typiques des vallées principales, les alluvions CFy-z sont généralement constituées de sables et graviers peu roulés à matrice limoneuse, recouverts par des matériaux plus fins sablo-limoneux.

Cônes de déjection : fragments lithiques peu émoussés, sables et limons.

Au débouché des vallons et des vallées secondaires qu'ils drainent, les ruisseaux ont généralement édifié un dépôt en forme de secteur de cône, principalement aux périodes froides du Quaternaire où leur régime avait un caractère torrentiel. La position de ces cônes par rapport aux alluvions de la vallée dans laquelle s'ouvre le vallon donne des indications sur leur âge. La pente du cône, son extension et les caractéristiques des matériaux qui le composent, sont liés à la taille du ruisseau, à la pente de son cours et à la lithologie de son bassin versant. Ces cônes sont peu entaillés par les ruisseaux actuels et les affleurements sont rares.

Jy. **Cônes d'âge würm pour l'essentiel.** En amont et en aval de Masevaux, en rive gauche de la Doller, deux petits cônes, recoupés par les alluvions Fz ont été notés Fy.

Jyc. **Cônes d'âge tardiglaciaire probable.** En rive gauche de la Thur, de Saint-Amarin à Willer-sur-Thur, une série de cônes se raccordent à la nappe alluviale Fyc et sont faiblement entaillés par le lit majeur de la Thur. Leur âge est donc probablement tardiglaciaire. Les deux cônes situés en amont de Willer sont constitués de gélifraacts de grauwackes émoussés, d'une taille inférieure ou égale à 20 cm, emballés dans une matrice limoneuse, d'aspect

terreux. D'autres cônes ont été attribués au Tardiglaciaire, au Sud de Thann, dans la vallée de la Doller, en amont de Sewen et aux Charbonniers, au NE de la carte.

Jy-z. **Cônes d'âge würm à holocène.** A Cernay, Uffoltz et au SE de Guewenheim, des cônes se raccordant aux alluvions holocènes, mais trop développés pour être attribués au seul Holocène, ont été notés Fy-z.

JA. **Anciens cônes d'avalanches.** En amont du vallon de Mollau, sur le bas versant du bois de Belacker, trois cônes à forte pente et constitués en majorité de blocs de kératophyres et de grauwackes se raccordent à des thalwegs rectilignes peu incisés et tapissés de gros blocs anguleux. La morphologie de ces thalwegs rappelle celle des couloirs d'avalanches. Cette interprétation est confirmée par l'observation d'Émile Collomb (1844) d'une avalanche, durant l'hiver 1843-1844, depuis la crête sommitale du Rimbachkopf jusqu'au « fond de la vallée de Mollau ».

Uz. **Tufs calcaires de Bourbach-le-Bas. (période Atlantique).** En bordure de la route de Bourbach-le-Bas à Rammersmatt, des travaux de terrassement ont mis à jour une masse tuffacée, fossilifère, épaisse de 0,50 à 0,80 m (coordonnées Lambert : x = 953,625 ; y = 319,750). Meuble, cette formation est constituée par des concrétions ou des fragments de concrétions calcaires de quelques millimètres à quelques centimètres de longueur, de forme ovoïdale ou irrégulière, dans une matrice gris clair calcaire, un peu argileuse et sableuse. Les concrétions constituent presque toute la masse de la moitié supérieure de la formation, de teinte beige. La matrice est plus abondante dans la partie inférieure, de teinte grise. L'ensemble repose sur une formation de versant sablo-silteux rougeâtre, à éléments et blocs émoussés de Grès vosgien. La formation Uz a livré une faune de mollusques, plus ou moins prise dans les concrétions calcaires et de nombreux corpuscules de lumbricides. La faune indique un milieu forestier humide qui pourrait correspondre à la période Atlantique de l'Holocène.

Faune de mollusques des tufs de Bourbach-le-Bas (déterminations F. Geissert)

Mollusques forestiers	fréquence dans le sédiment
<i>Helicodonta obvoluta</i>	commun
<i>Acanthinula aculeata</i>	fréquent
<i>Discus rotundatus</i>	commun
<i>Iphigena ventricosa</i>	isolé (semble caractériser, en Alsace, la période Atlantique)
<i>Iphigena plicatula</i>	1 exemplaire
<i>Aegopinella nitidula</i>	commun
<i>Aegopinella nitens</i>	rare
<i>Helicigona (Arianta) arbustorum</i>	fragments

Mollusques des lieux humides (forestiers ou non) :

<i>Carychium tridentatum</i>	isolé
<i>Vitrea cristallina</i>	commun
<i>Cochlicopa lubrica</i>	commun

<i>Succinea oblonga</i>	1 exemplaire
<i>Limax sp.</i>	rare
Mollusque aquatique (ruisseaux, filets d'eau, herbe constamment humide) :	
<i>Galba truncatula</i>	2 exemplaires

Tz. **Tourbières des anciens cirques et ombilics glaciaires (âge holocène).** Sur la feuille, comme dans tout le domaine vosgien, les tourbières sont fréquentes dans les anciens cirques et ombilics glaciaires qui forment des cuvettes naturelles dans le socle. Les plus étendues d'entre elles se situent dans le bassin versant de la Doller, en amont de Rimbach, dans le vallon d'Ermensbach (tourbière du Gresson) et surtout en amont de Sewen.

Dans l'ombilic partiellement occupé par le lac de Sewen, les tourbes occupent la partie centrale de l'ombilic, en aval d'un dépôt de sables et de graviers et terminent le remplissage de la dépression située entre le verrou limitant partiellement le lac à l'Est et Sewen (Ruhland, 1969). F. Firbas *et al.* (1948) ont étudié les pollens d'un sondage de 8 m de profondeur localisé à 20 m de la bordure sud du lac, dans la zone du verrou. Les différentes associations polliniques observées correspondent à la succession des phases paléosilvatiques connues dans les Vosges depuis le tardiglaciaire jusqu'à l'époque historique (tableau II).

Au SE de Mollau, un vallon est partiellement occupé par un dépôt tourbeux comprenant, sous 0,50 m de colluvions argilo-limoneuses à gley, une argile tourbeuse marron, épaisse de 0,20 m et reposant sur une moraine. L'association sporo-pollinique de l'argile tourbeuse, avec 44 % de pollens d'arbres comprend (Déterminations G. Farjanel) :

- spores : *Laevigatosporites haardtii* (13,5 %),
- pollens : *Abies* (21 %), *Fagus* (3 %), *Salix* (6 %), *Betula* (5,5 %), *Pinus diploxylon* (1 %), *Corylus* (2 %), *Quercus* (1 %), *Ulmus* (2 %), *Carpinus* (1 %), *Tilia*, Graminées (8 %), Cypéracées (2,5 %), Centaurées (5 %), Composées (11 %), Caryophyllacées (4 %), Œnothéracées (1 %), Chénopodiacées (1,5 %).
- plancton : *Ovoïdites* (1 %).

X. **Remblais.** Seuls les dépôts anthropiques ayant une certaine extension ont été représentés, en particulier des déblais et remblaiements de carrières. Étendu sur plusieurs hectares, le terril de Vieux-Thann, alimenté par les rejets solides de l'industrie chimique, est responsable d'une pollution de l'aquifère des alluvions de la Thur. Dans la gravière située au Sud de Cernay et à l'Est du carrefour de La Croisière, cette pollution apparaît sous forme d'un enduit de couleur rouille.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

TECTONIQUE

Socle vosgien.

Deux phases tectoniques ont été reconnues pour la période viséenne. La première phase intra-viséenne « Sudète 1 » (Fourquin, 1969, 1973 ; Coulon,

1973, 1976 a, 1977 b, 1979 ; Coulon *et al.* 1975 a et b, 1978, 1979) ou « phase vosgienne » (Bebien et Gagny, 1979) est marquée par la discordance cartographique des séries de Thann-Giromagny sur les séries d'Oderen et de Malvaux. Les données stratigraphiques lui confèrent un âge V2b. Plus qu'une simple manifestation tectonique, elle correspond aussi à un changement important du magmatisme et de la paléogéographie. Les déformations et les mouvements résultants doivent être considérés comme la conséquence des variations du régime tectonique en interdépendance avec la dynamique magmatique. Le découpage et le compartimentage de la région produits par cette phase constituent la trame sur laquelle vont se répartir les bassins sédimentaires, les massifs plutoniques et les appareils volcaniques durant le Viséen supérieur. Ainsi un jeu d'accidents (failles de Sickert, de Willer, couloir Hundsruck – Karsprung – Amic...) entraîne au début du Viséen supérieur, la juxtaposition de domaines à évolutions paléogéographique et magmatique différentes, témoignant dès cette époque de mouvements décrochants dont l'ampleur reste à préciser mais sans doute conséquents (peut-être de l'ordre de la dizaine de kilomètres).

La deuxième phase « Sudète II » provoque le plissement à N 110 des terrains viséens. La plupart des chevauchements ont une vergence sud. Par contre l'accident bordant au Sud les tufs et ignimbrites rhyodacitiques présente un plongement contraire. Cet accident, dit du Phanitor sur la feuille de Giromagny (Fourquin, 1973), jouera en faille normale au Tertiaire lors de la création de la Trouée de Belfort. Il a été établi qu'il avait déjà pu jouer lors des événements tectoniques intra-viséens (Coulon, 1977b et c).

Compte-tenu des éléments amenés par les datations radio-chronologiques réalisées sur la plupart des plutonites vosgiennes (Montigny *et al.*, 1984), on peut dater la phase « Sudète II » du Viséen supérieur.

La période tardi-hercynienne est caractérisée par un régime de décrochement en Europe occidentale (Arthaud et Matte, 1975). Sur la feuille Thann, le faisceau de failles Hundsruck – Amic enregistre des mouvements sénestres, réorientant les structures plissées à N 45. Dans la Karsprung, une lame de granite large de 50 mètres et longue de 2 kilomètres s'aligne parallèlement aux accidents. Le décalage des plis sudètes II de part et d'autre du faisceau de failles Hundsruck – Amic est estimé voisin de 4 kilomètres dans la région de Masevaux. Dans la série d'Oderen, des plis à axes verticaux témoignent de phénomènes de coulissement. Selon F. Ménillet, les variations de direction des niveaux kératophyriques observés dans cette série sont aussi à mettre en relation avec des mouvements principalement sénestres.

Bassin permien de Giromagny.

Dès 1833, E. Thirria a remarqué la concordance des terrains permien sur les assises carbonifères de Ronchamp et leur discordance sur le socle ante-Stéphanien. Le bassin permien de Giromagny est généralement interprété comme un graben ou un demi-graben d'axe sensiblement est-ouest. G. Creuzot (1983) en donne une coupe sur le méridien de Petitmagny. La faille bordière septentrionale du graben a été affectée par des accidents N 20 à N 40 E, d'âge permien possible pour ceux qui s'amortissent dans les ter-

Tableau II. COUPE DE LA TOURBIÈRE du Lac de Sewen (alt. 500 m) d'après Firbas (1948)

Histoire paléosilvatique

Profondeur	Nature de la tourbe	Âge (ans)	Période	Périodes climatiques	Phases paléosilvatiques	Remarques
0,00-1,00	Tourbe superficielle et débris de racines		POSTGLACIAIRE			
1,00-2,61	Tourbe brune	500		Subatlantique	IX Hêtre, sapin	Forêt de hêtre et de sapin Traces d'épicéa
2,61-2,75		2.500		Subboréal	VIII Chênaie mixte, hêtre	Forêt mixte Apparition du sapin
2,75 à 3,08 3,08 à 3,25	Tourbe noire vaseuse	5.500		Atlantique	VII Chênaie mixte, coudrier VI Coudrier, chênaie mixte	Forêt mixte, Régression du pin Pin encore abondant
3,25 à 3,45		6.500		Boréal	V Pin, coudrier	Forêt de pin et coudrier Apparition du chêne
3,45 à 4,15		8.500		Préboréal	IV Bouleau, Pin	Progression de la forêt par la poussée du bouleau puis du pin
4,15 à 4,55	Vase argileuse gris-brun	9.000	TARDIGLACIAIRE		III Prairies à Graminées et <i>Artemisia</i> (toundra récente à <i>Dryas octopetala</i>)	Recul de la forêt et installation de nouvelles prairies (limite de la forêt alpine vers 400-600 m d'altitude)
4,55 à 4,76		10.000		Subarctique	IIb Pin, bouleau	Forêt de pin, le bouleau reste fréquent
4,76 à 5,85					IIa Bouleau, pin	Développement de la forêt par le bouleau puis le pin

Tableau II. COUPE DE LA TOURBIÈRE du Lac de Sewen (alt. 500 m) d'après Firbas (1948) (Suite)

Histoire paléosilvatique

Profondeur	Nature de la tourbe	Âge (ans)	Période	Périodes climatiques	Phases paléosilvatiques	Remarques
5,85 à 6,15	Vase argileuse				I Phase prairiale <i>Cyperacées</i> , à Graminées <i>Hippophae</i> et <i>Artemisia</i> (toundra arctienne à <i>Dryas octopetala</i>)	
6,15 à 6,35		12.000		Arctique	la Steppe à <i>Hippophae</i>	Période sans forêt
6,35 à 8,10	A la fonte des glaces, dépôt d'argile glaciaire gris-bleu		TARDIGLACIAIRE		Ib Steppe sèche avec plantes herbacées et saules. Apparition du bouleau Ic Période pratiquement sans végétation	

rains permien ; à jeu plus tardif et vraisemblablement tertiaire pour ceux qui traversent le bassin. Recoupée par un de ces accidents, la faille d'Étueffont-Haut, d'orientation N 60 E, a probablement joué en faille normale au Permien. Sa virgation en faille N 40 E coulissante dans le socle, est l'indice de son rejeu au Tertiaire. Plusieurs petites failles de direction N 160 E, sont visibles dans la tranchée de la D 12 à Grosmagny. Elles abaissent la formation rB d'une vingtaine de mètres vers l'Ouest, mais portent des stries sub-horizontales, témoins de mouvements coulissants d'âge tertiaire probable (Creuzot, 1983).

Des travaux de reconnaissance en sondage (COGEMA inédit et Creuzot, 1983) montrent que la zone d'affleurement des Schistes d'Étueffont entre le bassin de Giromagny et les terrains permien du bois du Châtelet a fonctionné en seuil ou plutôt en horst au moins au cours du dépôt des unités rA et rB. Ces terrains sont affectés par des failles normales NNE-SSW et des accidents orthogonaux à jeu ou rejeu d'âge tertiaire probable.

Tectonique rhénane.

Généralités. Le tiers sud-est de la feuille appartient à la partie méridionale du Fossé rhénan (fig. 4), cassure majeure de type rift de la croûte continentale européenne au nord du domaine orogénique alpin. Outre les mouvements de distension et de coulissage communs à l'ensemble du Fossé, la partie méridionale de cette structure est probablement affectée par un accident cisailant senestre profond en N 60 E (zone transformante Le Creusot-Belfort), se traduisant dans la couverture par des coulissages senestres N 40 E (failles R de Riedel) et dextres selon les failles conjuguées N 120 à N 150 E (failles R' de Riedel ; Bergerat 1977 et 1985). L'évolution tectonique du Fossé rhénan peut être résumée en quatre épisodes (fig. 5, Villemin et Bergerat, 1987). D'après des données récentes (Coulon et Frizon de Lamotte, 1968 et 1988) et des travaux à paraître, l'extension oligocène ne se cantonne pas au seul fossé, mais déborde largement sur les domaines avoisinants, par exemple, jusqu'en Champagne, dans le Bassin de Paris.

De Vieux-Thann au Nord de Wattwiller, la faille vosgienne, ouverte et remplie par une brèche minéralisée, est décalée par une série d'accidents de directions variées affectant les conglomérats de bordure du fossé d'âge éocène à oligocène. Les décalages senestres selon des directions N 110 à N 175 E prédominent. Le décalage transversal subi, NW-SE, est de 900 m environ vers le NW pour une distance de 5 300 m. Selon M. Ruhland et G. Hirlemann (1973), ce déplacement donne l'échelle du décrochement majeur N 40 de type senestre qui a affecté le fossé au cours du Tertiaire.

Champs de fractures sous-vosgiens. Zones modérément effondrées en bordure du Fossé rhénan, les champs de fractures sous-vosgiens sont peu développés sur la feuille et sont réduits à des bandes de quelques centaines de mètres de large où affleurent des terrains d'âge permien à jurassique. Leur allongement est NE-SW, la faille vosgienne prenant cette direction au Sud de Guebwiller. La structure la plus courante est un découpage en lanières par des failles subparallèles à la faille vosgienne. Ces lanières sont elles-mêmes souvent subdivisées en panneaux par des failles suborthogonales aux accidents de direction rhénane. La partie méridionale du champ de fractures de Guebwiller, et ceux de Vieux-Thann et de Lauw présentent un tel

découpage. Les accidents de direction rhénane ont fonctionné en failles normales mais également en failles décrochantes senestres (*cf.* fig. 5). Les failles orthogonales, de direction N 70 à N 150 E, localement subméridiennes (Bourbach-le-Bas), ont eu des jeux verticaux ou décrochants dextres. Dans le champ de fractures de Lauw, S. Gillet et D. Schneegans (1935) ont souligné l'existence de contacts par failles entre panneaux de roches dures, d'âge très différent, interprétés comme des décollements disharmoniques suivant les couches. Une faille subhorizontale au sein de la Grande Oolithe a été considérée par ces auteurs comme une conséquence de la poussée jurassienne.

Fossé rhénan proprement dit. Correspondant au couloir d'effondrement rempli par la série tertiaire rhénane, cette unité est limitée à l'Ouest par la faille rhénane occidentale. Le tracé de cette dernière est assez mal connu sur le territoire couvert par la feuille. Elle passerait à Uffoltz et au Nord-Ouest de Cernay, la zone d'affleurement des conglomérats oligocènes étant généralement rattachée au champ de fractures de Vieux-Thann. La faille subméridienne au Nord de Guewenheim est probablement un tronçon de la faille rhénane. Elle délimite avec une faille probable suivant la vallée de la Doller, une large zone d'affleurement des conglomérats oligocènes, vaste coin modérément effondré, dénommé par J. Jung (1928) : palier de Sentheim. En limite du champ de fractures de Leval, la faille rhénane a une orientation NE-SW et elle rejoint la faille vosgienne à Romagny-sous-Rougemont.

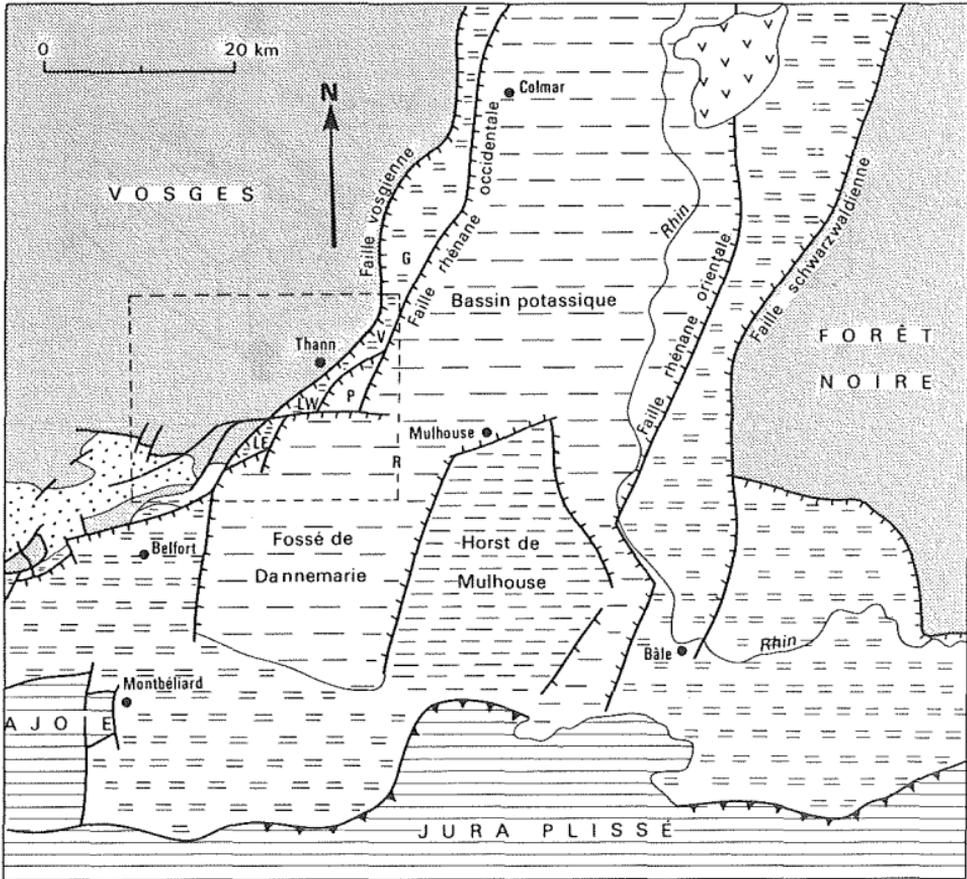
Dans le triangle Cernay, Burnhaupt-le-Bas, Saint-Germain-le-Châtelet, la structure du Fossé rhénan n'est pas connue de façon précise. Ce triangle recouvre une zone de transition à subsidence modérée, appelé « seuil de Reiningue » entre le Bassin potassique au Nord-Est et l'appendice sud-ouest du fossé connu sous le nom de Fossé de Dannemarie. L'axe de ce seuil où l'épaisseur de la série tertiaire est inférieure à 1 500 m passe approximativement par Schweighouse-Thann et Aspach-le-Haut.

Néotectonique.

Si dans l'axe du Fossé rhénan la néotectonique est bien mise en évidence par une subsidence importante et l'existence de failles affectant le remplissage alluvial quaternaire, sur la feuille, les arguments de tectonique récente sont essentiellement fournis par la géométrie des dépôts quaternaires et la géomorphologie. Citons principalement les travaux de N. Théobald *et al.* (1977) et H. Vogt (1980).

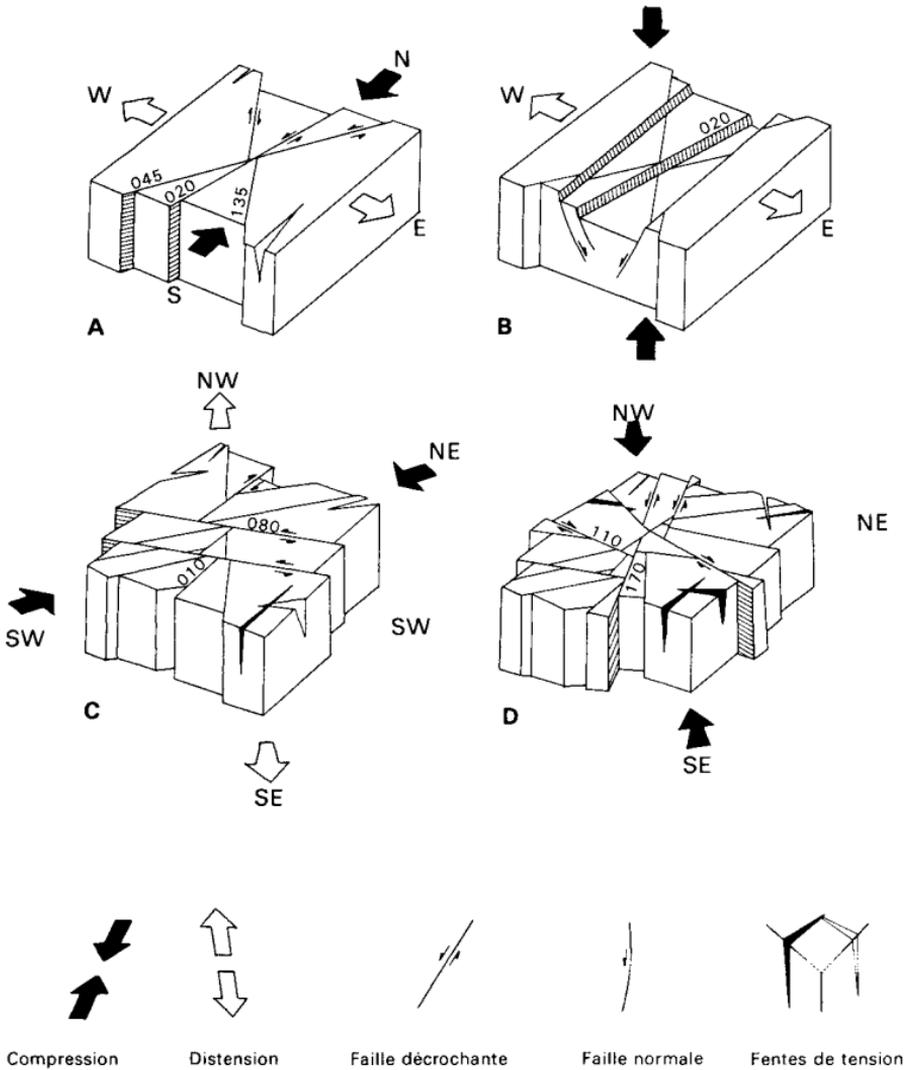
Dans la partie du fossé représentée sur la carte, les mouvements quaternaires les plus nets sont des gauchissements, bien apparents sur les plateaux bordant la vallée de la Doller en aval de Guewenheim. Au Sud de la rivière, la surface des alluvions Fv-w ne semble guère avoir bougé depuis le Quaternaire moyen. Elle a conservé sa pente vers le Sud-Est, peut-être accentuée par un gauchissement, liée à l'ancien drainage du Sundgau vers la plaine de Bresse au Pliocène supérieur. La continuité de cette surface de part et d'autre de la faille vosgienne, au Sud-Ouest de Lauw, montre que cette dernière n'a guère eu de jeu postérieur au Quaternaire moyen.

N. Théobald (1950) a interprété les irrégularités de la surface de base des alluvions Fv-w et Fw non différenciées, comme la conséquence d'une tecto-



- | | | | |
|--|---|-----------------------|------------------------|
| | Fossé rhénan proprement dit | P : Palier de Senheim | R : Seuil de Reiningue |
| | Horst de Mulhouse | | |
| | Complexe volcanique du Kaiserstuhl | | |
| | Champs de fractures de bordure du Fossé rhénan : | | |
| | G : de Guebwiller; V : de Vieux-Thann; LW : de Lauw; LE : de Leval et avant pays jurassiens | | |
| | Jura | | |
| | Socle hercynien | | |
| | Bassin permien de Ronchamp-Giromagny | | |
| | Contour géologique | | |
| | Faille | | |
| | Faille normale avec barbelures du côté abaissé; chevauchement | | |

Fig. 4 - Situation de la feuille Thann dans le contexte structural du Fossé rhénan méridional



A - Compression N-S avec décrochements (Eocène supérieur probable)

B - Distension E-W avec effondrement (Eocène terminal et Oligocène)

C - Compression NE-SW (Miocène)

D - Compression NW-SE (Plio-Quaternaire)

**Fig. 5 - Blocs diagrammes synthétiques
représentant les principaux épisodes de l'évolution tectonique
du Fossé rhénan au cours du Cénozoïque,
d'après T. Villemin et F. Bergerat (1987) adapté, avec l'accord
de la Société géologique de France**

nique quaternaire (entre le Pliocène et le Mindel). Les divers lambeaux de ces alluvions ne sont probablement pas contemporains et ces jeux néotectoniques sont très hypothétiques. Seul le rejeu quaternaire de la faille limitant au Sud le palier de Sentheim apparaît très vraisemblable (Vogt, 1980).

L'abaissement des terrasses alluviales Fx et Fy vers l'Est, par rapport aux fonds des vallées de la Doller et de la Thur, lié à la subsidence tectonique dans le Bassin potassique au Quaternaire récent, est interprétée comme un gauchissement (Théobald *et al.*).

Dans le champ de fractures de Vieux-Thann, les cours de l'Ertzenbach et l'Egelbach ne sont pas régularisés, mais présentent plusieurs ruptures de pente, en particulier au passage de la faille rhénane (N. Théobald *et al.*, 1977).

Selon H. Vogt (1980), l'escarpement qui domine la faille Masevaux-Bitschwiller pourrait être en grande partie lié à un rejeu récent de cette faille.

Des mesures de contraintes *in situ* ont permis de préciser le champ de contraintes actuelles dans le Fossé rhénan : régime de compression NW-SE (Illies et Greiner 1978 et 1979 ; *cf.* fig. 5 D).

La comparaison des différentes campagnes de nivellement. (Fourniguet, 1987) montre que le socle vosgien est toujours affecté par un mouvement positif, le seuil de Belfort et la plaine d'Alsace s'enfonçant selon une vitesse comprise entre 0,6 et 1 mm/an. Au contact des deux domaines, la bordure sud-orientale des Vosges est sujette à des mouvements de basculement.

Séismicité.

Dans le cadre de la région, le domaine couvert par la feuille ne présente aucune particularité. Les études de sismicité historique (Vogt *et al.*, 1979) ne mentionnent aucun épicentre important dans ce domaine. Une secousse locale a été ressentie le 9.5.1952 dans le secteur de Lautenbach-Saint-Amarin (L'Alsace du 10.5.1952). La sismicité régionale est assez importante : séisme bâlois de 1356, séismes rhénans, séismes des environs de Remiremont (Vogt et Weber, 1980).

MÉTAMORPHISME

Les terrains dévono-dinantiens des Vosges du Sud enregistrent des phénomènes thermométamorphiques à la périphérie des massifs granitiques du Ballon et de Goldbach. Dans les roches basiques, les assemblages minéralogiques caractérisent des cornéennes à hornblende et à albite — épidote. Par contre dans les roches acides, les transformations sont plus discrètes. Elles se marquent par une recristallisation du quartz et le développement de phylites. En outre, un métamorphisme dans le faciès prehnite — pumpellyite a été observé ponctuellement mais avec une assez grande dispersion dans l'ensemble des volcanites basiques des Vosges du Sud (Rossi, 1978). Il correspond à une hydratation statique importante de ces roches à des tempéra-

tures comprises entre 200 et 350° sous des pressions relativement faibles. En raison de son extension régionale, on peut l'interpréter comme résultant d'une anomalie thermique en liaison avec la genèse des magmas.

PALÉOMAGNÉTISME

L'analyse des aimantations rémanentes des roches plutoniques et volcaniques des Vosges du Sud a permis de mettre en évidence des changements importants en direction et en paléolatitute durant le Carbonifère (Edel *et al.*, 1984).

Pour le Viséen, les directions sont NW-SE, mais présentent des variations d'inclinaison conséquentes. Elles témoignent d'un marquage paléomagnétique syntectonique et de variations importantes en paléo-latitude durant cette période.

Les directions westphalo-stéphaniennes sont surtout orientées WSW-ENE avec des inclinaisons faibles et focalisées ; elles ont été retrouvées dans le granite et les rhyolites du Kagenfels dans les Vosges du Nord et dans les ignimbrites de Munstertal en Forêt Noire.

Enfin il reste à signaler de fortes réaimantations post-permiennes concomitantes des périodes d'activité hydrothermale (Trias, Lias et Tertiaire).

En se basant sur l'ensemble de ces données paléomagnétiques, les mouvements suivants peuvent être envisagés au cours du Paléozoïque supérieur :

- dérive sud-nord au Viséen,
- rotation horaire ou anti-horaire à la fin du Viséen,
- rotation horaire au Westphalo-Stéphanien.

OCCUPATION DU SOL

SOLS ET VÉGÉTATION

Domaine vosgien.

Dans les Vosges, la diversification des sols et de la végétation est liée à quatre principaux facteurs : la nature de la roche-mère, l'humidité du sol, l'altitude et l'exposition. La mosaïque des sols ne coïncidera donc pas de façon précise avec le « canevas » des formations géologiques, d'autant plus que celles-ci sont généralement recouvertes par des formations superficielles meubles liées à des phénomènes de gélifluxion et de colluvionnement toujours actifs. Ce dernier tend à différencier les sols des versants : sols plus acides et rocailleux en haut de versant ; sols colluviaux plus riches en terre fine et en bases en bas de versant.

Par rapport aux hautes Vosges centrales où le Honneck est le principal site de référence, les Vosges du Sud se caractérisent par l'abondance de roches peu « acides » : schistes et grauweekes, granite monzonitique du Ballon

d'Alsace, roches volcaniques à chimisme intermédiaire et même franchement basique (labradorites). La tendance à l'hydrolyse acide, favorisée en altitude par la lenteur de la décomposition de la matière organique, y est donc plus modérée.

Dans le domaine de la feuille, les sols n'ont guère été l'objet d'études exhaustives et cartographiques. Cependant, des travaux de phytosociologie et quelques observations ponctuelles publiées dans la littérature permettent d'extrapoler les résultats des études de sols effectuées plus au Nord (voir la carte pédologique à 1/100 000 Saint-Dié et l'étude de J.P. Boudot, 1976). Pour la végétation, nous emprunterons l'essentiel des données aux travaux de E. Issler (1926, 1927 et 1938), de G. Ochsenbein (1963 et 1966), de M. Hoff (1978), M. Hoff *et al.* (1978) et surtout de A. Hubert (1986 et 1988). Nous ne donnerons ici que des indications générales et nous renvoyons le lecteur à ces publications pour la floristique et les études spécialisées et détaillées en phytosociologie.

Dans la région, les deux principaux types de pédogénèse sont la brunification et la podzolisation. B. Souchier (1971) a montré que sur les roches granitiques des Vosges, le type de pédogénèse en climat tempéré est lié à la teneur en fer du granite ; teneur inférieure à 2% : podzolisation ; teneur supérieure : brunification. Dans l'ensemble cette différenciation s'applique également aux sols sur grauwackes et roches volcaniques. La richesse en base et en ferromagnésiens de nombreuses roches a favorisé le phénomène de brunification et les sols les plus répandus sont des sols bruns acides, souvent accompagnés de sols bruns eutrophes ou mesotrophes sur les roches volcaniques à chimisme intermédiaire à basique. Moins fréquente la podzolisation est généralement modérée, conduisant à des sols ocreux et plus rarement à des sols ocres podzoliques. Sur roche volcanique des évolutions vers des sols andiques (andolisation = libération massive de silice et d'alumine formant avec l'humus des complexes allophaniques) sont localement probables, comme l'indique une observation inédite de J.P. Boudot au Vogelstein.

A la végétation habituelle du socle vosgien, acidophile à hyperacidophile s'ajoute donc sur roches volcaniques basiques : gabbros, lamprophyres, trachylabradorites, spilites, diabases, ou sur leurs altérites colluvionnées, une végétation mesoneutrophile à neutrophile. Hêtraies sommitales, hêtraies sapinières des étages montagnards moyens et inférieurs présentent donc localement ces caractères, avec la présence d'espèces telles que la Mercuriale (*Mercurialis perennis*) ou le Pâturin des Sudètes (*Poa chaixii*). L'existence de plantes calciphiles a été souvent signalée dans le massif du Rossberg, dont la partie sommitale est constituée de labradorite : *Draba aizoides*, *Sedum dasyphyllum*, *Hieracium Jacquini* et *Asplenium viride* sur les parois rocheuses ; *Sessili libanotis*, *Alchemilla Hoppeana* var. *angustifolia* et *Carlina acaulis* dans les pâturages et les landes (Issler, 1938 ; Ochsenbein, 1966). J.P. Boudot (1985) décrit dans ce massif un sol brun eutrophe, sur altérite argileuse et riche en bases, colonisé par *Poa chaixii* et *Scilla bifolia*. En basse altitude, sur ces sols neutres ou à tendance basique, la chênaie-hêtraie s'enrichit de nombreuses espèces neutroclines à neutrocalcicoles : Charme, Frêne, Merisier, Fusain (*Evonymus europaeus*, *Arum maculatum*, *Hieracium*

spondylium, *Lamiastrum galeobdolon* ou neutro-nitroclines : *Geum urbanum*, *Geranium robertianum*, *Helleborus foetidus*...).

A l'opposé, principalement sur les roches volcaniques acides (kératophyres, ignimbrites rhyolitiques, pyroclastites rhyodacitiques), l'hyperacidité du sol favorise des espèces telles que la Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*), *Teucrium scorodonia*, *Galium saxatile*, *Vaccinium myrtillus*, la mousse *Pleurozium schreberi* et en basse altitude, la Callune (*Calluna vulgaris*) et *Hieracium umbellatum*.

Entre ces deux extrêmes, principalement sur les schistes et grauwackes, les latites, les trachytes et le granite des Ballons, prédominent les sols bruns acides à flore mésoacidiphiles (sous-bois à *Luzula luzuloïdes*) ou acidicline (sous-bois à *Fétuca altissima*). Sur la retombée orientale des Vosges, en site bien exposé, une végétation à tendance calciphile à *Prunus mahaleb* et *Evonymus europaeus* a réussi à s'implanter sur les ignimbrites rhyolitiques latitiques ip3 (Issler, 1937).

Mentionnons enfin, des formations peu étendues, mais fréquentes :

- les frênaies-ébralaies neutrophiles à Mercuriale ou mésoneutrophiles sur sols bruns colluviaux mésotrophes ou eutrophes ou encore sur des rankers humiques d'éboulis présentant ces caractères ;
- les aulnaies à *Athyrium filix-femina*, *Filipendula ulmaria*, *Lysimachia nemorum* et *Caltha palustris*, sur pseudogleys à mull eutrophe ou mésotrophe ou encore sur gley à hydromull ou anmoor eutrophe, dans les fonds de thalwegs ou les zones de sources ;
- les tourbières, acides oligotrophes d'altitude à sphaignes et tourbières plates eutrophes dont la plus étendue est celle de Sewen, une des plus intéressantes des Vosges par la variété de sa flore (Rastetter, 1963).

Collines sous-vosgiennes, piémont et plaine d'Alsace.

Sur les terrains calcaires des champs de fractures (Lauw, colline des carrières, Nord de Bourbach-le-Bas), les sols bruns calcaires et les rendzines se traduisent dans le paysage par la présence d'espèces calciphiles tels que *Prunus mahaleb*, *Viburnum lantana* et *Helleborus foetidus*.

La zone d'affleurement des conglomérats oligocènes, où l'on peut trouver des sols bruns et des sols bruns calcaires, sont le domaine de la vigne. Les coteaux façonnés dans les marnes oligocènes ont des sols argileux, instables, souvent hydromorphes et marmorisés. Ils ont été aménagés en prairies, souvent plantés d'arbres fruitiers qui contribuent à tenir et drainer ces sols. Ces prairies sont fréquemment entrecoupées de boqueteaux et de friches.

Les loëss anciens (C_{EW-x}) sont altérés en sols bruns lessivés souvent dégradés, en particulier dans les zones boisées, occupées par des hêtraies (Buchwald) ou des chênaies à tendances acidiphiles. Ces sols sont localement hydromorphes et fréquemment exploités en prairies. Les loëss C_{EX-y} sont moins lessivés et plus rarement dégradés mais peuvent être hydromorphes.

Les lœss récents sont les matériaux parentaux de sols bruns, de sols bruns peu lessivés et localement de sols bruns calcaires. Ils sont occupés par des cultures.

Les alluvions anciennes ont donné par altération des sols assez argileux, souvent occupés par des forêts (chênaies acidiphiles ou modérément acidiphiles). Les alluvions Fy, à couverture limono-sableuse et faiblement argileuse d'origine alluviale à colluviale, sont le domaine de sols bruns, cultivés, mais aussi largement détruits par l'exploitation des graviers (cône de l'Ochsenfeld). Dans les fonds de vallées, sur les alluvions Fz, on observe des sols peu évolués mais souvent hydromorphes et colonisés par des aulnaies, dans les zones rarement inondées.

DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Ces notes ont pour objet d'attirer l'attention des utilisateurs sur quelques particularités des principales formations géologiques représentées. Non exhaustives et non fondées sur des études spécialisées, elles ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif. Étant donné la dispersion, plus ou moins grande, des affleurements qui ont permis de l'établir, la carte, à l'échelle de 1/50 000, ne peut fournir toutes les données géologiques précises de façon ponctuelle. A l'échelle du chantier elle donne un canevas, avec un inventaire aussi exhaustif que possible des différentes formations géologiques, qui doit être précisé par des sondages avant tous travaux importants. Elle permet, en particulier, une meilleure implantation et une meilleure interprétation des forages de reconnaissance.

Domaine Vosgien.

Comme la plupart des pays de montagnes, les hautes Vosges sont soumises à de fortes contraintes liées à :

- la prédominance des terrains en forte pente,
- la fréquente hydromorphie des rares surfaces horizontales ou subhorizontales,
- la présence, en de nombreux endroits, d'affleurements de roche et de blocs rocheux,
- le grand degré de fracturation des roches et l'existence de nombreuses failles,
- les contraintes climatiques, en particulier les alternances gel-dégel en milieu humide,
- les contraintes du tourisme.

Rappelons enfin la forte contrainte de la protection des eaux souterraines, le massif vosgien ayant et devant conserver un rôle de château d'eau potable pour la région. L'intégration de tous travaux importants dans un plan d'aménagement, à l'échelle de la vallée ou même à celle du massif, s'impose de façon évidente.

Problèmes de terrassements et de stabilité des versants.

En fond de vallée, les travaux de terrassement peuvent être gênés par l'hydromorphie, liée à une nappe aquifère souvent subaffleurante. Des blocs, et même de la roche en place, peuvent être rencontrés dans des terrassements peu profonds, même s'ils n'apparaissent pas en surface, en particulier dans les anciennes vallées glaciaires. Les formations de tourbes sont généralement peu épaisses. Les anciennes moraines et les formations alluviales, souvent hydromorphes, posent plus de problèmes que les formations fluvio-glaciaires.

Les versants sont, dans le cas le plus général, recouverts par une formation superficielle meuble, épaisse de 2 à 3 m (formation de gélifluxion) recouvrant soit la roche en place et généralement fracturée, soit la roche altérée ou encore des moraines qui sont généralement peu perméables. Si la fraction fine des formations de gélifluxion a une composition sablo-limoneuse peu variable et très peu argileuse, le pourcentage de blocaille rocheuse varie beaucoup, souvent même à l'échelle du mètre. Dans les fonds de vallons, les bas versants et les parties déprimées du versant peuvent se poser des problèmes d'hydromorphie. En tout point des versants, mais surtout dans les interfluves et les parties convexes, peuvent se rencontrer des chicots rocheux. La présence de nombreux blocs très anguleux et de même nature lithologique dans la formation superficielle est souvent un indice de roche en place à faible profondeur.

Les arènes granitiques affleurent assez souvent en haut de versant, mais on peut aussi les rencontrer en bas de versant où elles peuvent être hydromorphes. Elles sont localement très épaisses et elles renferment, par places, des blocs, des boules de granite ou des chicots rocheux. Le contact entre le granite sain et l'arène est progressif ou brutal ; il est souvent irrégulier, oblique et parfois même vertical. Quand les arènes sont hydromorphes, des décollements et des glissements en masse peuvent se former à partir des anciennes diaclases du granite.

Les placages morainiques sur les versants doivent être terrassés avec prudence. Ils sont souvent hydromorphes et peuvent recouvrir la roche saine, nettoyée et abrasée par le glacier avant le dépôt de la moraine. Des circulations d'eau au contact entre la moraine et la roche en place, insoupçonnables en surface, peuvent être à l'origine de poches d'eau et de glissement en masse du placage morainique.

Étant donné l'échelle de la carte et le masque de formations superficielles, nous n'avons figuré que les principales failles apparentes en surface. Le massif vosgien est en réalité haché de failles suivant plusieurs directions (voir paragraphe tectonique). Selon que l'on se trouve dans un faisceau de fractures ou dans une zone peu faillée, la distance entre les failles de même direction varie en général de quelques mètres à quelques centaines de mètres. Certaines d'entre elles sont cimentées par une recristallisation plus ou moins complète de la roche (mylonites), mais beaucoup sont le siège de zone broyées et altérées avec venues d'eau. Les failles subverticales sont les plus nombreuses.

Une haute paroi rocheuse mise à nu devra être observée attentivement, même si la roche est peu altérée et peu gélive. Des diaclases, avec parfois circulation d'eau, obliques ou parallèles à la paroi, peuvent s'ouvrir sous l'action du gel et entraîner la chute de blocs au dégel. La maille des diaclases est généralement très serrée dans les hautes Vosges et peut être inférieure au mètre.

Problèmes posés par les fondations. La plupart des indications notées pour les terrassements intéressent également le domaine des fondations. La fréquence des chicots rocheux et des blocs augmente les risques de poinçonnement. Dans les sondages de reconnaissance, il convient de traverser la roche saine au moins sur 7 à 8 m pour déterminer s'il s'agit d'un bloc ou de la roche en place. La présence de roche saine sur plusieurs mètres de profondeur n'exclut pas l'existence de zones broyées ou arénisées plus en profondeur. L'altération a pu progresser en suivant des diaclases ou des failles obliques.

Les réseaux des anciennes galeries de mines sont souvent mal connus, voire totalement méconnus. Le Service des mines, les mairies et les associations s'occupant d'explorer les anciennes mines peuvent donner des informations utiles à ce sujet. Des galeries généralement peu profondes, ont été creusées lors des hostilités entre 1914 et 1918. Elles sont nombreuses sur la retombée alsacienne des Vosges.

Aucun épicentre sismique important n'est connu sur le territoire couvert par la feuille. Cependant, pour des constructions importantes telles que des barrages, il est nécessaire de tenir compte de l'influence possible de zones à sismicité relativement forte situées à proximité : région de Remiremont et Fossé rhénan.

Problème de réemploi des matériaux. Les contraintes du pays montagneux donnent une importance particulière au réemploi des matériaux. Sur les versants, les déblais sont presque systématiquement employés comme remblais pour augmenter la surface horizontale dégagée par le terrassement. Le plus souvent, les déblais sont simplement déposés sur le versant au fur et à mesure qu'ils sont extraits par la pelleteuse. Par exemple, l'hétérogénéité d'une formation de gélifluxion peut être judicieusement exploitée en extrayant d'abord la partie riche en blocaille pour la base de remblai puis la partie plus riche en matrice fine.

Tous les matériaux pauvres en matrice fine peuvent être réutilisés comme matériaux de remblais et comme couches de fondation en viabilité. Les blocs peuvent être fragmentés. Les déblais hydromorphes pauvres en argile peuvent être réutilisés après séchage.

Bassin permien de Giromagny et collines sous-vosgiennes.

Les caractéristiques géotechniques des formations gréseuses et silteuses du Permien et du Trias des contreforts méridionaux des Vosges ont été étudiés par G. Delacquis (1985). Les grès sont généralement hétérogènes, fissurés, poreux et gélifs. Ils s'altèrent en donnant des blocs et des sables peu

argileux, très sensibles à l'érosion. Les siltites sont presque toujours décomprimées en surface et altérées en limons plus ou moins argileux aux caractéristiques géotechniques peu favorables surtout en conditions hydromorphes.

Les champs de fractures ont été largement excavés par de multiples carrières dont certaines ont été remblayées par des déblais tout venant, sans l'intention de constituer un sol de fondation. Les panneaux calcaires peuvent être percés de cavités ou d'anciennes carrières souterraines dont l'entrée est souvent éboulée et masquée. Les contacts par failles entre matériaux de propriétés géotechniques différentes sont fréquents et souvent masqués par une couverture de formations superficielles peu épaisse. Les études de sols doivent donc être particulièrement fines dans ces domaines.

Piémont vosgien et plaine d'Alsace.

Sur le piedmont vosgien, trois formations couvrent des surfaces étendues : la formation de versant P, les conglomérats de bordure e-gC et les alluvions anciennes Fv-w. Très épaisse pour une formation superficielle (puissance localement supérieure à 10 m), la formation P se caractérise par sa richesse en gros blocs. Localement bien cimentés, les conglomérats e-gC peuvent poser des problèmes de ripabilité. Lorsqu'ils sont empâtés de silt argileux rouge, leur stabilité en terrassement n'est pas assurée. Très altérées, empâtées d'argile limoneuse et souvent hydromorphes, les alluvions Fv-w ont de mauvaises caractéristiques mécaniques dont il faut tenir compte pour les fondations et les terrassements.

Au Sud de la Thur, les loëss, épais de 2 à 5 m, couvrent de très larges surfaces ; ils sont fréquemment entaillés par des terrassements et ils forment le sol de nombreuses fondations peu profondes. Leur fraction limoneuse est prédominante et leur teneur en argile est de l'ordre de 15 à 20 %. Ils peuvent être hydromorphes et avoir une teneur en eau appréciable (jusqu'à 30 %) et ils ont généralement un comportement d'argile peu plastique (classification de Casagrande) avec un indice de plasticité très variable en fonction de leur teneur en eau (I_p , 6,9 à 43,9, selon H. Reymond, 1975). Les limons anciens (CEw-x) sont habituellement plus compacts et plus hydromorphes que les limons récents (CEy). S'ils peuvent avoir une tenue assez bonne à sec, lors des terrassements, ils n'ont aucune tenue à moyen terme, sauf en talus à faible pente avec une végétation à enracinement profond. Les loëss ont une très grande sensibilité au gel, aux variations de teneur en eau et ils sont rapidement affouillés par ravinement. Lorsqu'ils recouvrent directement les formations oligocènes, ils peuvent être le réservoir d'une nappe d'eau superficielle temporaire, en particulier en saison hivernale. Dans ce cas, s'ils n'ont pas été soigneusement fixés ou protégés de l'humidité, les talus s'effondrent de manière systématique au dégel. La résistance mécanique des loëss est faible et quand ils sont hydromorphes ou affouillés par les animaux fouisseurs, leur portance peut être nettement diminuée. Leur utilisation éventuelle en remblai doit faire l'objet d'études spécialisées, et il est préférable de les réemployer dans la reconstitution de sols de culture.

Les silts argileux de l'Oligocène (g_2) constituent les sols de fondation des versants des vallées du Sud de la feuille et apparaissent à une profondeur de

5 à 10 m, localement plus, sous les plateaux environnants. Souvent compacts en profondeur, ils deviennent beaucoup plus meubles en surface, par altération et ils peuvent se comporter alors comme des argiles très plastiques. Comme ils sont peu perméables, ils sont souvent hydromorphes en surface, ce qui favorise les glissements. Ceux-ci se produisent déjà naturellement sur les versants (loupes de solifluxion). Pour tous terrassements et travaux de fondations, un drainage est généralement indispensable. Ils renferment fréquemment des lentilles sableuses, susceptibles de donner des venues d'eau et des lentilles de grès calcaires. Dans le site du barrage de Michelbach, J.M. Lutzler (1981) indique les caractéristiques physiques et mécaniques de faciès silteux et gréseux (molasses).

Limoneuses ou limono-sableuses, les colluvions des fonds de vallons sont souvent hydromorphes et difficiles à drainer, en raison de leur position topographique basse. Leurs caractéristiques sont généralement très mauvaises pour les talus et les fondations. Elles ont été utilisées dans la construction du barrage en terre de Michelbach (Lutzler, 1981).

Les alluvions Fx et Fy constituent des assises de fondation assez bonnes. Meubles, elles sont sensibles, à moyen terme, à l'action des eaux de ruissellement. Sur substrat argileux (g₂), ou en fond de vallons (Fy), elles peuvent renfermer une nappe aquifère à faible profondeur.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Du point de vue hydrogéologique, la carte de Thann peut être subdivisée en 4 secteurs principaux. Chacun de ces secteurs montre des ressources en eau souterraine qui se différencient qualitativement et surtout quantitativement. Ce sont :

- les formations superficielles de versants, les éboulis et les roches altérées ou fissurées du massif vosgien,
- les alluvions de vallées vosgiennes,
- la zone du piémont vosgien,
- la plaine d'Alsace avec ses cônes de déjection des rivières vosgiennes.

Les formations superficielles de versants.

Ce secteur couvre grossièrement la moitié nord-ouest de la feuille Thann. Il s'agit de la partie sud-est du massif vosgien où l'on observe le long des crêtes une pluviométrie de l'ordre de 2 m à 2,5 m par an.

Ce « château d'eau » est l'objet de circulations hypodermiques à la base des formations superficielles ainsi que dans les fissures, les fracturations et les zones altérées des roches sous-jacentes. Ces eaux qui circulent à des profondeurs excédant rarement 10-12 m, reviennent à la surface par l'intermédiaire des sources ou rejoignent directement les nappes d'eau souterraine de fond de vallées.

Les sources sont principalement localisées dans les zones de fractures, les têtes de vallons et les parties déprimées des versants. Elles représentent l'exutoire de petites nappes, en général libres.

Dans certains cas on rencontre des nappes localement en charge sous des formations morainiques très compactes.

Les secteurs à schistes et grauwackes du Primaire abritent 70 % des sources répertoriées alors que les secteurs à granites en abritent 20 % environ.

Le débit moyen de ces sources est en général faible et excède rarement le litre/seconde en période d'été. Mais souvent, il est directement influencé par l'importance des précipitations qui, percolant vers les circulations d'eau souterraine, peuvent gonfler rapidement les débits à leurs émergences.

Les caractéristiques physico-chimiques de ces eaux se distinguent en général par une minéralisation très faible (conductivité à 20 °C souvent inférieure à 100 µS), un titre hydrotimétrique ne dépassant pas 10 °F et une agressivité marquée.

Ces caractéristiques chimiques ne sont pas très influencées par la nature granitique ou grauwackeuse de la roche sous-jacente. Par contre, la présence de filons minéralisés et d'anciennes exploitations minières peut parfois provoquer certaines anomalies dans les teneurs en métaux.

Le caractère en général superficiel de ces sources les rendent vulnérables vis-à-vis de la pollution bactériologique et, lorsqu'elles sont utilisées pour l'alimentation en eau potable, il convient de respecter une zone de protection assez étendue.

Plusieurs communes des vallées vosgiennes assurent leur approvisionnement en eau à partir de sources de ce type. Lorsqu'il s'agit d'agglomérations relativement importantes, il a fallu capter des groupes de sources. Ainsi on peut citer Masevaux avec 8 sources, Bitschwiller-les-Thann avec 9 sources et Willer-sur-Thur avec 14 sources. Très souvent ces groupes de sources sont complétés par des captages sur ruisseaux.

Les alluvions de vallées vosgiennes.

Une épaisseur intéressante d'alluvions se rencontre dans les vallées de la Thur, de la Doller et dans une moindre mesure dans celles de la Rosemontoise et des ruisseaux de La Madeleine, de St-Nicolas et des Charbonniers. On peut également citer les petits tronçons des vallées de la Moselle (1 km) dans le coin NW de la feuille et celui de la Savoureuse (2 km) dans le coin SW.

Le remplissage alluvionnaire de ces vallées est constitué de sables, graviers, galets et blocs avec des épaisseurs de l'ordre de 8 à 12 m en général dans les vallées principales. On note toutefois des surcreusements locaux, souvent dûs à l'érosion glaciaire, où les épaisseurs d'alluvions peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres comme par exemple à Moosch (25 m), à Sewen (35 m), à Mollau-Storckensohn et à Urbès (50 m) sur la feuille Munster. Les ressources aquifères de ces formations dépendent

essentiellement du pourcentage de limons argileux qu'elles renferment : c'est ainsi que les alluvions de la Doller, avec un bassin versant situé en plus grande partie sur du granite, sont relativement peu argileuses et montrent des transmissivités de l'ordre de $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les alluvions de la Thur par contre sont généralement plus limono-argileuses ; on peut y voir une conséquence de la présence de larges zones d'affleurements des formations schisto-grauwackeuses dont l'altération fournit une plus grande proportion de limons argileux que celle résultant de l'altération du granite.

Les transmissivités y sont de l'ordre de $1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Dans la vallée de la Savoureuse on connaît des valeurs de transmissivités de 1 à $3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (d'après Collin *et al.* 1972).

Tous ces aquifères sont en liaison étroite avec le cours d'eau qui les surmonte ; suivant les saisons, celui-ci peut soit les drainer, soit les alimenter.

Les aquifères des vallées vosgiennes sont sollicités par de nombreux captages dont quelques forages pour eau potable. Parmi les plus importants, il faut citer ceux de Masevaux (forages n° 412-6-9 et 10 captant respectivement 12 et 7 m d'alluvions avec des débits d'environ $40 \text{ m}^3/\text{h}$ par ouvrage) et celui du SIVOM de Thann à Moosch (forage n° 412-3-6 captant la nappe, baignant 24 m d'alluvions, à un débit d'environ $20 \text{ m}^3/\text{h}$).

On peut également citer le forage n° 412-5-1006 implanté dans la vallée de la Rosemontoise, qui a recoupé 2,7 m d'alluvions puis 57 m de grès permien (d'après Camus *et al.* 1974 et Collin *et al.* 1972).

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux captées par ces ouvrages sont assez proches de celles indiquées dans le paragraphe précédent, à savoir : eaux faiblement minéralisées, douces, agressives.

Bien que moins vulnérables que les sources, ces eaux sont exposées à des risques de pollution d'origine chimique (industries locales) et organiques (eaux usées domestiques) et compte tenu du faible recouvrement de limons ou d'argiles, il est nécessaire de respecter les prescriptions liées aux périmètres de protection.

La zone du Piémont vosgien.

Du point de vue hydrogéologique, les collines sous-vosgiennes correspondant aux champs de fractures situés entre les failles vosgienne et rhénane constituent un secteur très complexe, en général mal connu.

Les circulations souterraines d'eau sont perturbées par la présence de failles et fissures, pouvant mettre en contact des aquifères très différents. Le tout est souvent recouvert d'importantes zones d'éboulis dont les eaux de percolation interfèrent avec celles d'origine plus profonde. Le tout est parfois recouvert d'alluvions quaternaires anciennes plus ou moins aquifères.

On peut y distinguer du NE vers le SW quelques unités plus remarquables :

Champ de fractures de Vieux-Thann. Les conglomérats oligocènes sont des aquifères médiocres car la plupart du temps cimentés avec des silts argileux, de couleur rouge. Localement, ils peuvent néanmoins fournir des débits de quelques m³/h. C'est ainsi que les captages AEP de Cernay (se reporter au paragraphe forages implantés dans les cônes de déjection) sont certainement alimentés en partie par cette formation qu'ils ont atteint à leur base.

Les calcaires et dolomies du Muschelkalk supérieur et de la Lettenkohle peuvent représenter des réservoirs intéressants surtout lorsqu'ils sont karstifiés et alimentés à partir de la bordure vosgienne. Souvent ils renferment alors une nappe en charge et sont à l'origine de sources ou de forages artésiens. Ces horizons reposent sur un soubassement très aquifère constitué par le grès conglomératique de Buntsandstein.

Ce type d'aquifère alimente par exemple 3 forages à Wattwiller :

— Forage n° 412-4-247 : cet ouvrage foré à 298 m de profondeur dans le cadre de recherches minières par la SNEA a été équipé pour le SIVOM de Cernay et fournit un débit artésien d'environ 10 m³/h d'eau moyennement minéralisée (conductivité à 20 °C = 471 µS, TH = 27 °F) sulfatée, bicarbonatée calcique, avec d'importantes teneurs en aluminium, manganèse, strontium et fluor.

— Forages n° 412-4-30 et 28 : il s'agit d'ouvrages réalisés sur les anciennes sources minérales de Lithinée et Arsène de Wattwiller pour en améliorer leur débit et supprimer des infiltrations superficielles. Ces captages d'une profondeur de 7 m, fournissent respectivement 4,6 et 2 l/s de débit artésien d'eau moyennement à fortement minéralisée (50 et 94 °F de dureté, 740 et 1 270 µS de conductivité à 20 °C) sulfatée, bicarbonatée calcique avec des teneurs importantes en arsenic (0,014 et 0,046 mg/l), en fluor (1,8 mg/l), en baryum (0,2 et 0,08 mg/l), en lithium (0,07 mg/l) et en strontium (0,78 et 0,6 mg/l).

La température de l'eau à l'émergence est de 14 °C environ.

Secteur de Leimbach, Roderen, Bourbach-le-Bas. Les réservoirs potentiels sont présents avec le Muschelkalk supérieur et le Grès vosgien. En dehors des champs de fracture de Rammersmatt et de Lauw (voir fig. 2) où ils affleurent, ces aquifères sont assez profonds et n'ont pas été reconnus. Aucun forage n'y est connu.

Secteur de Leval. Le domaine vosgien du bassin versant du ruisseau de St-Nicolas donnant des ressources en eau très limitées, le Syndicat de Rougemont-le-Château s'est reporté sur les nappes aquifères du piedmont vosgien (communes de Leval et de Petite Fontaine) où l'on trouve des alluvions quaternaires anciennes surmontant des formations du Lias. Des reconnaissances géophysiques ont permis de mettre en évidence des paléovallées qui peuvent se révéler intéressantes pour les recherches d'eau.

Ainsi le forage 412-6-1002, profond de 10 m environ, sollicite ces alluvions anciennes avec une production de 500 m³/jour. D'autres captages (n° 412-6-1005 et 1006) implantés dans les mêmes conditions fournissent des volumes d'eau équivalents. Il ne semble pas qu'on puisse s'attendre à des débits supérieurs, ceci à cause de la nature argileuse de ces alluvions très anciennes où les graviers et galets sont toujours plus ou moins altérés.

Les formations sous-jacentes sont exploitées par le forage n° 412-6-1001, profond de 47 m et captant les eaux du Lias (calcaires dolomitiques et ferru-

gineux de l'Aalénien, passées silto-sableuses du Toarcien ?) avec une production de $150 \text{ m}^3/\text{jour}$.

Le forage n° 412-6-1010 sollicite les grès de Buntsandstein à un débit de $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Ce grès se trouve dans un panneau abaissé, au Sud d'une faille qui limite un domaine d'affleurement du Buntsandstein sablo-gréseux, anciennement exploité pour fonderie. Ses assises, inclinées vers le Sud et le Sud-Est sont mouillées à faible profondeur (étangs au fond des anciennes carrières. Cornet, 1917).

Secteur de Felon. Ici les séries anciennes sont déjà plus profondes ; c'est ainsi que le forage n° 412-6-1003 a traversé 342 m de marnes tertiaires avant d'atteindre l'aquifère des conglomérats d'un niveau tertiaire plus ancien.

La plaine et ses cônes de déjection.

Cette zone occupe le coin SE de la feuille et il s'agit essentiellement des débouchés dans la plaine rhénane de la Thur (Thann – Cernay) et de la Doller (Guewenheim – Burnhaupt).

La Thur. En débouchant de sa vallée, la Thur a déposé ses alluvions dans une large zone appelée Ochsenfeld. La géométrie de cet aquifère est assez bien connue et l'on a pu suivre son approfondissement régulier vers l'Est avec une épaisseur qui passe de 10 m à 25 m, environ de Thann jusqu'à la sortie Est de Cernay. On note deux légers surcreusements séparés par un seuil orienté E-W et situé à 100-300 m au Sud du lit actuel de la Thur.

Le matériau alluvionnaire qui a été déposé est relativement perméable mais devient argileux en profondeur de même que dans la partie méridionale du cône de déjection.

La piézométrie montre un écoulement Ouest-Est avec un gradient de 0,6 à 0,8 % et une alimentation quasi permanente à partir de la Thur et des collines sous-vosgiennes. Les battements sont très importants et peuvent atteindre 5 m. Les transmissivités sont comprises entre $1 \cdot 10^{-3}$ et $2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et le coefficient d'emmagasinement est compris entre 5 et 10 %.

Cet aquifère est sollicité par de nombreux forages dont plusieurs captages AEP (SIVOM de Thann avec 5 ouvrages placés à la sortie de Vieux-Thann qui fournissent un total d'environ $90 \text{ m}^3/\text{h}$ – SIVOM de Cernay avec 4 forages fournissant un total d'environ $130 \text{ m}^3/\text{h}$).

Le forage de reconnaissance n° 412-8-107 réalisé à Aspach-le-Haut pour le compte du SIVOM de Thann, a recoupé 20 m d'alluvions très argileuses sans atteindre le substratum oligocène. Un pompage d'essai n'a pas permis de dépasser un débit de $7 \text{ m}^3/\text{h}$ avec un rabattement de l'ordre de 5 m.

Cet ouvrage confirme l'existence de surcreusements locaux ; dans le cas présent, il s'agit d'un des lits fossiles de la Thur qui s'écoulait alors vers le S-E.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux du cône de déjection de la Thur se caractérisent par de nombreuses anomalies causées par l'existence d'un important terril de résidus chimiques à l'aval de Vieux-Thann. Ce terril est à l'origine d'une langue de pollution se dirigeant d'Ouest en Est, large d'environ 800 m et dont l'axe passe à 1,5 km au Sud de Cernay. Cette langue provoque des teneurs en sulfates et en chlorures atteignant plus de 1 g/l alors qu'en dehors de la langue elles sont toujours inférieures à 50 mg/l.

Ces anomalies en chlorures et sulfates s'accompagnent également de quelques fortes teneurs en éléments traces (essentiellement en mercure) et de duretés élevées.

En zone non contaminée cet aquifère livre une eau moyennement minéralisée (résidu sec à $105^{\circ} < 400$ mg/l) et assez douce (dureté $< 20^{\circ}$ F).

La Doller. Le cône de déjection de la Doller est nettement moins puissant que celui de la Thur. Son épaisseur excède rarement les 12 m mais par contre, il est généralement moins argileux. Aussi sa perméabilité est-elle plus élevée puisqu'on a mesuré des transmissivités de 1 à $5 \cdot 10^{-2}$ m²/s.

Le régime plus irrégulier de la Doller entraîne une alternance de périodes d'alimentation et de drainage de la nappe qui s'écoule en suivant approximativement le cours de la Doller. Les battements n'atteignent pas les valeurs mesurées sur l'Ochsenfeld mais se situent autour de 3 m au maximum.

Les seuls captages importants sont ceux du Syndicat AEP de la vallée de la Doller qui se situent à Guewenheim ; il s'agit des forages n° 412-7-13, 15 et 75 captant environ 10 m d'alluvions à des débits de 60 à 100 m³/h par ouvrage.

L'eau pompée est très légèrement acide (pH = 6,5), douce (TH = 7 °F), faiblement minéralisée (résidu sec à $110^{\circ} = 60$ mg/l) et agressive.

Ce réservoir très vulnérable alimente de nombreux captages situés plus à l'aval, dont l'important champ de captage de la Ville de Mulhouse. Pour conserver l'excellente qualité de cette eau, il avait été proposé d'inclure tout le bassin versant de la Doller en zone de protection éloignée.

Pour des raisons politico-économiques, cette proposition n'a malheureusement pas été acceptée. Des cas graves de pollution d'origine industrielle ont d'ailleurs déjà été relevés (pollution par le chrome par exemple).

Enfin il faut signaler que pour régulariser le régime de la Doller, il a été construit à l'amont de Michelbach une retenue d'eau, d'un volume de 7,8 millions de m³, couvrant une surface de 90 hectares et concernant un bassin versant de 4,8 km².

Le Tertiaire rhénan.

Aucun forage s'alimentant à partir des matériaux sablo-silteux ou gréseux de la partie supérieure du Tertiaire (Série grise) n'est répertorié sur la feuille Thann. Des circulations d'eau existent dans certains niveaux sableux et gréseux de cette série, mais ils sont mal connus et généralement lenticulaires.

SUBSTANCES MINÉRALES NON MÉTALLIQUES

Les matériaux les plus largement répandus sur la feuille sont des roches et graviers durs pour ballast et granulats et des terres à briques : limons lœssiques du Quaternaire et siltites argileuses de l'Oligocène.

Concassés et granulats ; matériaux de viabilité. Avec de puissantes masses de roches volcaniques et les cônes d'alluvions glacio-fluviales de la Thur et de la Doller, la feuille Thann renferme des réserves considérables de

matériaux durs dont l'exploitation est principalement limitée par des contraintes d'environnement.

Sables et graviers. Bien qu'elles soient constituées d'éléments un peu moins dur que les graviers rhénans, les alluvions wurmiennes de la Thur et de la Doller sont néanmoins un excellent matériau. Le très grand nombre de gravières qui ont été ouvertes au Sud de Cernay, avec des exploitations ayant plusieurs dizaines d'hectares d'extension, témoignent du succès de ces sables et graviers. Néfaste à l'environnement, leur exploitation intensive a du être considérablement limitée.

Roches dures pour concassés et granulats. A l'exception des schistes, la plupart des matériaux du socle vosgien : roches volcaniques, hypovolcaniques, grauwackes et plus rarement roches granitiques ont été utilisées en concassé comme matériau d'empierrement pour les routes et chemins forestiers. Seuls quelques matériaux ont été exploités à une échelle industrielle.

Matériaux d'excellente qualité, les tufs et ignimbrites rhyodacitiques ρ_4 sont exploités à Rougemont-le-Château et Lauw. Dans la vallée de la Thur, les roches dures les plus exploitées ont été les latites quartzifères $^2\rho^3$ et les ignimbrites $^1\rho^3$ à Bitschwiller ainsi que les grauwackes à ovoïdes de Moosch et de Willer-sur-Thur.

Les grès du Trias et du Permien sont généralement trop tendres, poreux et gélifs pour être utilisés comme matériau de viabilité, sauf comme couche de fondation en revêtement multicouche et en site bien drainé.

A la limite des communes de Mollau et de Storckensohn, les éboulis EA ont été exploités comme concassé.

Pierre marbrière. Les roches volcaniques, hypovolcaniques et granitiques affleurant sur la feuille n'ont guère été exploitées en marbrerie. Parmi celles qui sont susceptibles d'être utilisées dans ce domaine et en décoration, citons le porphyre vert de Bourbach (trachy-labradorites porphyriques $\rho\tau\beta$), les latites à biotite ($\alpha\tau$) et à faciès de porphyre rouge et les brèches $br\rho K$. Certaines spilites, très tenaces et à grain fin, pourraient être utilisées en sculpture.

Pierres de construction. La plupart des roches dures ont été anciennement utilisées comme pierres de construction. Dans les champs de fractures, les grès du Trias et les calcaires se débitant bien en dalles ou moellons ont été largement exploités, en particulier dans la colline des carrières, au NE de Lauw.

Argile. Riches en illite et en smectites (Sittler, 1965), certains faciès fins de Couches à melettes ont été exploités pour briqueterie à Guewenheim et Burnhaupt-le-Haut. Dans cette dernière localité, la carrière Lesage est toujours en activité ; les siltites argileuses ont été utilisées comme matériau d'étanchéification du Grand canal d'Alsace.

Les lœss ont été exploités pour briqueterie à Aspach-le-Bas et Aspach-le-Haut. A Lauw, la fraction argileuse du « Hupper », attribué au Pliocène,

riche en kaolinite, a anciennement alimenté des ateliers locaux en poterie et réfractaires.

Matériaux divers. Assez riches en argile et en fer, les grès du Trias et du Permien ne conviennent guère aux industries de la verrerie et de la fonderie. Dans le champ de fractures de Leval, les faciès sableux du Grès de l'Arsoy ont cependant été exploités comme sable de fonderie.

A l'Est de la feuille, la Série salifère contient du sel et du gypse, mais les nombreux sondages effectués dans cette partie du Fossé ont montré que les couches de potasse exploitées au Nord de Mulhouse ne dépassent pas la limite orientale de la feuille (Courtot *et al.*, 1972).

Malgré l'existence d'un indice d'huile minérale dans le champ de fractures de Lauw (Jung, 1928), les recherches de pétrole ont été jusqu'à présent négatives dans la région.

GÉOLOGIE

Généralités.

Les gîtes et indices métallifères sont très nombreux sur la carte Thann (plus de 120 occurrences), mais, en contre-partie, aucun d'eux ne figure parmi les principaux gisements du massif des Vosges. En fait, ils n'ont été l'objet que de travaux de recherches ou de petites exploitations ; cela tient au fait que, sauf quelques exceptions, ils sont presque tous constitués par *des filons de dimensions modestes ou des filons à faibles teneurs métalliques* (cas des gros filons quartzeux). Malgré l'étendue considérable des formations volcaniques et volcano-sédimentaires, *il n'existe pas d'amas sulfurés, ni de gîtes type porphyrique* dans les roches cristallines. Quant aux *minéralisations encaissées dans les sédiments triasiques et tertiaires de la bordure du Fossé rhénan*, imparfaitement explorées en raison de leur profondeur croissante, il semble bien que leurs teneurs soient insuffisantes pour qu'ils puissent jamais constituer des gisements économiques.

La répartition spatiale des gîtes, liée au contexte géologique, est très hétérogène. Une première concentration, numériquement très importante (environ la moitié du nombre total), se trouve dans le secteur NW de la carte, où elle est manifestement liée à la présence de la terminaison orientale monzogranite porphyroïde du massif des Ballons et à celle de la « syénite de Sewen » (monzonite quartzifère) qui en constitue un faciès de bordure ; les occurrences métallifères, quasi-exclusivement filoniennes, se trouvent soit dans les roches granitoïdes elles-mêmes, soit dans le Viséen encaissant, non loin du contact ; elles présentent en majorité, des directions parallèles à celles du faisceau de failles prédominant du secteur et, comme dans celui-ci, leurs orientations individuelles peuvent présenter des « torsions » variant de NE à NNE ; il existe toutefois, en outre, des directions complémentaires NW et des fractures minéralisées orientées environ NS ou EW. Il est remarquable que les autres bordures du massif des Ballons, sauf celle contiguë vers le SW (région de Giromagny), ne présentent pas, de

beaucoup, la même densité de filons et de failles, ceci est probablement dû à la proximité de la faille vosgienne qui possède, sur la carte, une direction NE-SW.

Une 2^e concentration se trouve dans le quart NE, au voisinage de la ville de Thann. Elle est formée en majorité par des filons ferrifères, dont une partie seulement est représentée (faute de renseignements précis sur la localisation), auxquels s'ajoutent des occurrences de métaux de base situées au voisinage immédiat de la faille vosgienne, ainsi que quelques filons de barytine. Ces métaux de base se trouvent soit dans les formations volcaniques (vallée de Steinbach ou Silberthal), soit dans la brèche de faille elle-même, soit dans le Muschelkalk ou le Sannoisien contigus.

Entre les deux concentrations précédentes se rencontrent quelques gisements dispersés et, au Nord de la première, quelques gîtes appartenant au district cuprifère d'Urbès-Mollau (en partie aussi sur la feuille Munster). Les numéros entre parenthèses (à 5 chiffres et de 1 à 53, voir liste en fin de rubrique) renvoient à la carte.

Minéralisations encaissées dans les faciès de bordure du massif granitique des Ballons. Les filons encaissés dans la bordure du monzogranite des Ballons et dans la « syénite de Sewen » n'ont qu'une faible importance économique, quoique constituant un groupe important par la taille de ses unités. Ils sont formés essentiellement par du quartz, gangue dominante ou très dominante, auxquels s'adjoignent toujours, sauf dans deux cas (Neuberg (M) et Tête des Perches (6), de la fluorine parfois dissoute (boxworks cubiques) et de la barytine presque toujours pseudomorphosée (quartz « hâché »). Leur minerai principal est constitué par de la goëthite, avec laquelle peuvent se trouver de l'hématite, plus rarement, de la sidérite en cours de « limonitisation » et un psilomélane. Accessoirement, on peut y rencontrer de la chalcopyrite, toujours en faibles quantités et plus ou moins altérée en malachite, chrysocolle et limonite. Dans un filon toutefois, celui de *Hintererwald* (1-4005), se trouvent, en outre, de la blende abondante et des traces de galène et anglésite ; des traces de galène existent également dans les occurrences de *Langenberg* (19) et du *lac de Sewen* et, exceptionnellement, dans le dyke de *Baerenbach* (1-4010), des minéraux de Bi (bismuthinite et cosalite) sont associés aux minéraux de Cu.

Parmi les filons ferrifères, les deux plus importants relativement sont ceux de *Bedelen* (18) et d'*Iserbach* Est (1-4007) qui ont fourni une certaine production de minerai de fer, traité, vers les années 1820, à la fonderie d'Oberbruck. Un autre élément intéressant pourrait être la *structure du Langenberg* (19), encaissée dans la « syénite de Sewen » avec un prolongement nord dans le Viséen, il s'agit d'une zone broyée de puissance décamétrique, de direction variable NE à NNE, connue sur une longueur de 1300 m et renfermant des lentilles de fluorine d'épaisseur métrique ; des recherches, effectuées par le BRGM, sont en cours pour cette substance.

En plus des filons précédents, la terminaison du monzogranite renferme quelques occurrences de types plus particuliers. Il s'agit d'abord de 3 occurrences de Mo qui appartiennent au « petit district molybdénifère des Bal-

lons», dont le principal représentant est le gisement de Château-Lambert-Le Thillot (feuille Giromagny). La plus importante de ces occurrences, sur la carte, est celle du *gîte des Œilletts* (1-4002) objet de travaux de recherches pendant la dernière guerre mondiale ; il s'agit d'un faisceau de 5 à 6 filonnets très irréguliers, quartzeux ou quartzo-feldspathiques, dont les directions sont généralement voisines de E-W, avec des pendages nord de 30° à 60°. Leur minéralisation, infraéconomique, comprend de la molybdénite dominante, de la chalcopryrite, de la pyrite et du mispickel. Des sondages effectués au voisinage par la SNEA (P) ont été infructueux. La 2^e occurrence, économiquement insignifiante, est celle de *Knappenhüttel* (500 m E-NE de la digue d'Alfeld), où la molybdénite se trouve dans quelques minces veinules N-S et dans le granite à leur voisinage immédiat ; l'association minérale comporte, en plus de MoS₂, de la chalcopryrite, de la pyrite partiellement altérée en goëthite, quelques plages d'uraninite, des traces de tennantite, de covellite et de galène. La 3^e occurrence, à *Plain-des-Loges* (1-4009), également insignifiante, est composée par de la molybdénite, de la chalcopryrite et de la pyrite disséminées dans des fissures du granite ou dans les amandes de pegmatites encaissées dans une syénodiorite de la bordure nord extrême (type Château-Lambert).

A *Wasserfall* (12) (cf Picot et Ruhlchmann, 1978) un indice découvert récemment par la COGEMA représente un type tout-à-fait particulier, car il s'agit de la seule occurrence naturelle connue d'arséniures de cuivre de haute température. Encaissé dans les microfissures d'une zone disloquée NNE, cet indice comprend des arséniures (löllingite, β -domeykite, koutekite et kutinaïte), des antimoniures (allargentum et dyscrasite), des oxydes (marcite et cuprite), des minéraux secondaires (malachite) et, enfin, des silicates de Ca, U et Th. En aval de la digue du *lac d'Alfeld* (16), un stockwerk de veinules centimétriques à direction dominante NW-SE renferme de l'oligiste dans une gangue de quartz et barytine, plus rarement de la chalcopryrite et de la malachite. Enfin, d'une façon générale, outre l'uraninite de *Knappenhüttel*, le monzogranite des Ballons renferme de l'*uranium* disséminé dont le minéral porteur est une thorite uranifère.

En raison de son voisinage avec ce granite, dont il représente en fait le faciès le plus basique, on peut signaler tout de suite la minéralisation diffuse dans le *gabbro d'Ermensbach*, lequel est largement transformé en épidiiorite par altération hydrothermale. Cette minéralisation, nettement infra-économique, comprend de la galène et de la chalcopryrite plus ou moins altérée en limonite et covellite, auxquelles sont associées les minéraux suivants : magnétite, ilménite, rutile, sphène, pyrite et pyrrhotite.

Minéralisations encaissées dans le Viséen au contact des bordures «granitiques». Les nombreux filons encaissés dans la bordure viséenne volcanique et volcano-sédimentaire sont pratiquement tous concentrés dans une bande large seulement de 3 à 4 km, orientée SW-NE comme l'apophyse du monzogranite. D'une façon générale, ils présentent des différences paragénetiques sensibles avec ceux décrits dans ce monzogranite ou dans la «syénite» : en effet, lorsqu'on s'éloigne du contact, à l'exception importante du *Stahlberg* (2-4010), leur minéralisation principale n'est plus ferrifère mais formée par des métaux de base (Cu, Pb, Zn) ; en outre, la fluo-

rine et surtout la barytine, qui n'« existait » pratiquement plus dans le granite que sous la forme de « quartz hâché », peuvent prendre plus d'importance relativement au quartz, au point de constituer elles-mêmes des objectifs économiques. Enfin, comme singularité, il existe quelques filons dont la minéralisation principale est formée par du mispickel.

Un premier groupement partiel relativement important et significatif, se trouve dans la région de Wegscheid-Rimbach près Masevaux, localités distantes de 3 km. Immédiatement au Sud de Rimbach (2-2014), sur la rive gauche du Seebach dans les schistes et grauwackes de la série d'Oderen traversés par des dykes de kératophyres, des travaux anciens sont ouverts sur deux filons principaux, accompagnés de divers filonnets : un filon sensiblement E-W formé par de la barytine accompagnée de fluorine accessoire et un filon NE-SW de quartz et fluorine dont le quartz est minéralisé par de la blende, de la galène, de la chalcopryrite et du cuivre gris, avec des inclusions de cobaltite, bismuthinite et cosalite ; la barytine a été l'objet d'une petite exploitation au début des années 1920.

Dans le vallon voisin du ruisseau de Neuweiher, à Senkel (2-4012), on a reconnu, dans les années 1890, 3 filonnets NNE de cuivre (chalcopryrite, cuivre gris, pyrite et malachite) à gangue de quartz et, plus à l'Ouest, à Hagenmattwald (24), la galerie Hélène, reprise en 1907, a recoupé une petite fracture bréchique N-E minéralisée par de la chalcopryrite, de la malachite, du chrysocolle et de la limonite ; la gangue, ce qui est exceptionnel dans la région, était formée par de la calcite. En face, dans le vallon du Ketzenbach et à proximité immédiate d'Ermensbach (2-4007), une galerie a exploré un filon ENE-WSW peu important, minéralisé par de la blende, de la galène, de la chalcopryrite, de la pyrite et de la marcassite, dans une gangue principale de quartz accompagné de fluorine et, en moindres quantités, de barytine et sidérite ; on y trouve aussi, comme produits secondaires, de la limonite, de la cérusite et de la covellite. A 2 km au NE, près de Riesenwald (2-4011), des travaux exécutés au début du siècle ont reconnu un filon principal NE, qui renfermait essentiellement de la chalcopryrite, accompagnée sporadiquement de cuivre gris, blende, galène et produits divers d'oxydation (azurite, malachite, cuprite, limonite). Un filon de quartz parallèle voisin renferme seulement des traces de malachite.

Dans le vallon du Soultzbach, en amont de Wegscheid, plusieurs formations minéralisées se trouvent sur la rive gauche, rassemblées dans la colline du Brandeskopf (2-4006). La principale est constituée par un filon dirigé WNW-ESE, objet de premiers travaux très anciens, probablement pour Ag, repris au début du siècle, entre 1907 et 1911 ; leur profondeur atteint 80 m au-dessus du niveau du ruisseau, mais leur allongement n'est que de 120 m. Les roches encaissantes, des latites à biotite, renferment de la pyrite disséminée abondante et le remplissage comprend, dans une gangue principale de quartz et barytine, accompagnés de fluorine et sidérite, les minéraux suivants, primaires et secondaires : tennantite, chalcopryrite, galène, pyrite, polybasite, pearcélite, covellite, digénite et anglérite ; le cuivre gris, formant des filets ou des disséminations dans la barytine, est très argentifère (1 à 4 % Ag).

Immédiatement au Sud, un filonnet NE, recoupé par les anciens travaux, présente une paragenèse quelque peu différente : sa gangue est essentielle-

ment quartzreuse, avec de la calcite plus tardive, et ses minéraux métalliques sont les suivants : chalcopryrite et pyrite dominantes, tennantite, galène, blende, pyrrhotite, marcassite, mispickel, inclusions d'électrum et de schapbachite (Ag, Bi, S₂).

A 250 m au Nord, se trouve un gros filon de barytine, dont l'épaisseur peut atteindre 3 m, mais sa minéralisation, explorée dans les années 1920, ne constitue en fait qu'une courte lentille. Avec le sulfate se trouvent du quartz et de la fluorine, ainsi que des traces de blende, galène, pyrite et cuivre gris. De l'autre côté de la crête, dans le vallon du *Heimbach* (27), se rencontrent deux minces filons : le premier, inexploré, est un filon de barytine ENE-WSW ; le second, objet de travaux anciens, est un filon de fluorine et quartz NE à NNE, renfermant accessoirement de la barytine. Près de *Wegscheid*, traversant le lit du Soultzbach (28), se trouvent 4 veines voisines E-W de barytine, dont l'épaisseur varie de 5 à 80 cm, et, dans la tranchée de la voie ferrée, à 200 m de la gare de *Kirchberg-Wegscheid*, plusieurs veinules de quartz et parfois barytine, de directions variables (N60° à 115°), renferment du cuivre gris et de la chalcopryrite.

A proximité immédiate d'*Oberbruck*, le filonnet « Joseph II » (2-4009), dirigé NE, renfermait, dans une gangue de quartz, barytine et sidérite, de la galène, de la chalcopryrite et du cuivre gris, accompagnés de calcite tardive et de minéraux d'oxydation (limonite, anglésite, malachite et azurite). Enfin, dans la montagne du *Tiefkoehl* (25), entre les travaux de Rimbach et du Brandeskopf, se trouve un filon WNW-ESE de quartz, barytine et fluorine, renfermant de la goëthite dans sa partie est.

Constituant une exception paragénetique, le système filonien du *Stahlberg* (2-4010), dans les schistes et grauwackes de la série d'Oderen, à 2 km au NE du village de Rimbach, est un gisement de fer. Il comprend un filon bréchique principal NW-SE, long de 1 km environ, accompagné de 3 filons beaucoup moins importants : un filon parallèle au nord (celui de *Erzgrund*) et deux filons orthogonaux au Sud ; sa gangue quartzreuse comprend de la barytine abondante dans la partie méridionale. Le minerai de fer est constitué par les cristaux d'oligiste célèbres minéralogiquement, qui sont souvent accompagnés par de la goëthite noire ; les épontes, formées par une brèche kéraatophyrique, sont cimentées par de l'hématite. En outre, la galerie située la plus au Nord, dans le vallon du *Kerbach*, a rencontré un filon différent minéralisé par du cuivre gris et de la pyrite, plus ou moins oxydés en limonite, malachite et chrysocolle. Un autre filon cuprifère peu important se trouve à *Belacker* (26), 1 km plus au Nord ; dirigé probablement E-W, il renferme de la chalcopryrite altérée dans une gangue de quartz.

Un 2° groupement partiel se trouve entre les lacs d'Alfeld et de Sewen, au contact immédiat du monzogranite et de la « syénite » ; il comprend des filons et des travaux miniers sur les deux versants. Sur le versant sud, au lieu-dit *Enzengesick* (1-4012), les travaux de Ferdinand ont reconnu un mince filon dirigé NE et minéralisé principalement par de la chalcopryrite avec irisations de bornite, accompagnée de pyrite, de malachite, de chrysocolle et de limonite. La gangue comprend du quartz, dont de l'améthyste et de la cornaline, de la fluorine et de la barytine. Situées plus à l'Est, les tra-

vaux de Ferdinand II ont également reconnu un filon cuprifère NE renfermant de la chalcopryrite, de la malachite et de l'azurite, dans une gangue de quartz, quartz « hâché » et fluorine ; il s'y trouve en outre, accessoirement, de la galène, de la cérosite et de l'oligiste. Les deux filons sont accompagnés, plus haut sur la pente, d'un réseau de filonnets de directions variables, dont ceux orientés NW renferment de la fluorine. Les derniers travaux, dans ce secteur d'Enzengesick ont été exécutés au tout début du siècle.

Sur le versant nord, au lieu-dit *Leimkriter* (1-4004), le filon Gabrièle, dirigé N-S et puissant de 50 cm, renferme essentiellement de la blende avec de la pyrite et de la galène rares, dans une gangue de quartz, fluorine et barytine. A proximité immédiate, les travaux de Gabrièle II, au pied des « roches noires », ont exploré une formation bien différente épaisse de 0,30 m à 1 m et encaissée dans une fracture dirigée environ E-W. Le remplissage de cette fracture comprend, en effet, 3 phases superposées bien distinctes : une phase périmagmatique ou pyrométasomatique, comportant de la magnétite abondante, de la scheelite, de la tourmaline, du quartz à inclusions vitreuses, du rutile, de l'apatite et du zircon — une phase de transition formée par de l'oligiste, de la pyrite, de l'albite et de la chlorite — enfin, une phase hydrothermale plus récente comprenant un 2^e quartz, de la chalcopryrite, de la bornite, de la galène, de la barytine et de la calcite. La pyrite renferme quelques inclusions de Bi natif et, à son voisinage, la magnétite est largement martitisée ; les épontes sont tapissées par un sulfate de fer hydraté (fibroferrite).

Une 2^e occurrence de magnétite se trouve presque en face, sur l'autre versant, au-dessus des travaux du *filon Ferdinand* ; encaissée dans des veinules NE, l'association minérale y est beaucoup plus simple car, outre la magnétite, se rencontrent seulement de la tourmaline, du quartz, de l'oligiste et des traces de malachite. D'après E. Schwaebeler (1916), de semblables veinules doivent exister plus au Sud, dans le vallon du *Wagenstall*, ainsi que plus au Nord, au-dessus de Leimkriter, encaissées dans une aplite près des ruines de *Gresson-Haut*.

Un 3^e groupement partiel se trouve dans la région de Sewen-Dolleren, spécialement concentré sur la hauteur de *Bramenstein* et dans la vallée du *Graberbach*. Il comprend plusieurs filons et filonnets de fluorine et barytine, dont les plus importants, renfermant des sulfures, sont ceux du *Klosterwald* (1-4003). Ces derniers ont été l'objet de travaux anciens de date inconnue, repris au début du XX^e siècle, puis dans les années 1920, cette dernière fois pour la fluorine qui est le minéral de gangue principal ; sa production aurait atteint 250 à 300 tonnes. Outre de nombreux filonnets et filets accessoires, le gisement comprend un filon principal très lenticulaire, dirigé NE à NNE, et, à l'Est, un filon NW-SE plus ou moins ramifié, comportant seulement de la fluorine, du quartz et de la barytine. Le filon principal, lui, renferme, en petites quantités, une association sulfurée très complexe comprenant essentiellement de la blende dominante à exsolutions de chalcopryrite, de la pyrite, de la galène, de la chalcopryrite, plus rarement du mispickel et de l'énargite ; la chalcopryrite renferme quelques inclusions de gersdorffite et, associées préférentiellement à la galène, se trouvent, à l'état microscopique, de la pearcécite dominante, de la pyraryrite, de la polybasite, de la proustite et de la

freibergite ; les minéraux secondaires sont également nombreux : Ag natif argyrose, stroméyerite, cérusite, anglésite, hémimorphite, covellite, aurichalcite, chrysocolle, hydrozincite et goëthite ; en outre de la fluorine, la gangue comprend surtout du quartz, accessoirement de la barytine et de la sidérite.

A 2 km à l'Est, les travaux de *Neumattwald* (1-4005) ont exploré un petit filon dirigé NW et minéralisé principalement en galène, avec de la blende et de la chalcoppyrite altérée en malachite, chrysocolle et limonite ; la gangue est formée par du quartz, de la barytine et de la sidérite, sans fluorine.

Les filons particuliers où domine le mispickel sont représentés principalement par la petite lentille du *lac des Perches* (1-4001) ou *Sternsee*, dont les travaux miniers ont été exécutés vers 1812. Cette courte lentille superficielle se trouve dans une zone de cisaillement NW-SE affectant des roches spilitiques, au voisinage immédiat d'une apophyse du granite des Ballons. Son association minérale comporte deux phases successives : une première paragenèse formée par du mispickel dominant, de la pyrite et des inclusions de pyrrhotite ; une deuxième comprenant de la chalcoppyrite, de la blende, de la galène, accessoirement des minéraux de Bi (aïkinite et cosalite), de l'électrum et des traces de Co (950 g/t) ; comme minéraux secondaires, se trouvent de la digénite, de la covellite, de la löllingite, de la scorodite, de la mimétite, de la marcasite et de la goëthite. La gangue est formée par du quartz et des minéraux de la lave altérée (chlorites et carbonates).

Deux autres filons à mispickel dominant, associé à de la pyrite dans une gangue de quartz, se trouvent près de *Fennematt* (44 et 45), dans l'extrême vallée supérieure de la Doller ; ils sont dirigés NS et NNE ; entre eux, un 3^e filon, orienté NNE, renferme, lui de la galène et de la chalcoppyrite dans une gangue de fluorine. Non loin de ces filons, sous le *col du Hirtzebach* (46), existent quelques petits travaux exécutés pour reconnaître des filonnets d'oligiste dans une gangue de quartz, plus rarement de barytine. Enfin, une dernière occurrence signalée de mispickel se trouve dans une veinule derrière la mairie de *Rimbach* ; elle aurait été reconnue au XIX^e siècle, lors des travaux de captage d'une source.

Minéralisations dispersées, éloignées des contacts « granitiques ». Au-delà des minéralisations décrites, plus loin de la bordure des roches intrusives, se trouvent quelques gîtes dispersés. Celui de la *Tête du Mineur* (47), objet d'anciens travaux pour fer datant des alentours de l'an 1500, est formé par un filon quartzeux lenticulaire encaissé dans des grauwackes grossières, dirigé environ E-W, épais de 0,60 m à 1 m et long de quelques 400 m, il renferme de l'hématite et de la sidérite altérée en limonite ; comme particularité, on peut y signaler des traces de pharmacosidérite.

A *Gaertnerberg* (6-4001), 1 km au Sud de Kirchberg, une ancienne galerie a exploré un filon de quartz et sidérite, renfermant un peu de cuivre gris et de chalcoppyrite altérée en limonite. Dans la vallée du *Sickertbach*, un filon quartzeux N-S (2-4015) a été exploré sur une centaine de mètres de longueur et a fait l'objet d'un petit défilage ; il est minéralisé par de la galène, du cuivre gris, de la chalcoppyrite, du mispickel, de la pyrite, de la marcasite et de la covellite. A 500 m au NE, se trouve un stockwerk de fissures dans les

schistes et grauwackes, dont certaines renferment des traces de galène, d'azurite, de malachite et de limonite.

Beaucoup plus importants sont les travaux de *Heidenkopf* (6-4002), à 1 500 m au nord de Niederbruck, dont les plus récents ont été exécutés en 1901 et 1902. La minéralisation, explorée par 7 galeries, s'y trouve encaissée dans des roches volcaniques acides (latites quartzifères et ignimbrites latitiques) ; elle comprend essentiellement une zone bréchique silicifiée épaisse de 25 m environ, dirigée NW-SE, au toit de laquelle se trouve un mince filon parallèle (25 à 30 cm). La zone bréchique est parcourue par un stockwerk de filets carbonatés (ankérite essentiellement), dont quelques uns renferment, outre du quartz et de la barytine, une faible minéralisation sulfurée qui aurait été relativement plus concentrée dans la partie centrale. Cette minéralisation, ainsi probablement que celle du filon du toit, comprend de la galène dominante, réputée argentifère, de la blende, de la chalcopryrite, de la pyrite, de la marcasite et de la tétraédrite, accompagnées de minéraux secondaires : cérusite, anglésite, pyromorphite, covellite, azurite et malachite ; la cérusite étant la plus abondante. Les travaux les plus occidentaux, dans le *Griwaswald* (49), ont pu être ouverts pour le fer, car leur filon ne renferme apparemment que de la sidérite.

Isolé dans les tufs et ignimbrites rhyo-dacitiques de la formation de Lepruix-Gy, à 1 500 m environ au NW de *Rougemont-le-Château* (51), se trouve un filon de barytine exploité entre 1904 et 1908, qui aurait fourni environ 500 t en 1907. Connu sur une longueur de 300 m et une hauteur de 60 m, ce filon, épais de 45 à 50 cm, est dirigé ENE-WSW et il renferme, outre le sulfate, un peu de pyrite, de galène et de chalcopryrite. Un autre filon de barytine, anciennement exploité, se trouve à *Houppach* (6-4003), à 1 500 m au NE de Masevaux ; dirigé environ E-W et très lenticulaire avec des renflements atteignant 3 m, il est encaissé dans des labradorites ; la barytine y est associée à du quartz et elle présente une deuxième veine centrale qui peut renfermer une faible minéralisation sulfurée : blende, galène partiellement altérée en cérusite, chalcopryrite et cuivre gris.

Tout près de ce filon de barytine, se trouvent deux petits indices de cuivre, l'un à *Eichbourg* (48) et l'autre en bordure du chemin forestier du *col de Schirm* (3-4004). Ils remplissent tous deux des fissures centimétriques et leur minéral de Cu est de la bornite accompagnée de produits divers d'oxydation pouvant imprégner les épontes ; ces produits sont de la malachite, de l'azurite, de la covellite, de la chalcocite, de la digénite et de l'hématite ; en outre, le 2^e filet contient de la pyrite qui est son minéral le plus abondant. Un 3^e indice cuprifère voisin se trouve au Nord de *Bourbach-le-Haut* (3-4005), il est formé par un filonnet NNW-SSE épais de 10 cm, qui renferme de la chalcopryrite altérée et de la malachite.

Minéralisations du secteur cuprifère d'Urbès-Mollau. Dans la partie extrême NW de la carte, apparaissent quelques gîtes appartenant à un district cuprifère filonien qui s'étend sur les feuilles voisines Munster et Remiremont ; ce district, d'importance économique réduite malgré le nombre élevé des anciennes mines citées (une quarantaine environ), comprend un secteur occidental lorrain (celui de Bussang-Fresse-sur-Moselle) et, sur son

prolongement immédiat, un secteur oriental alsacien (celui d'Urbès-Mollau), auquel se rattachent les occurrences de la carte Thann. Les gîtes du premier secteur, caractérisés par l'abondance du cuivre gris et la présence de minéraux de Bi, se trouvent dans des roches granitiques ou microgranitiques, tandis que ceux du second, caractérisés par la prédominance de la chalcopryrite, sont encaissés dans le culm viséen contigu, soit les schistes et grauwackes de la série d'Oderen à bancs de tufs et de brèches kératophyriques soit les kératophyres, spilites et diabases du complexe volcanique de la forêt de Saint-Maurice.

Les gîtes de ce deuxième secteur ont été, d'une façon générale, l'objet de premiers travaux de recherches actifs effectués entre 1542 et 1570, pour le compte de l'abbé de Murbach, puis de travaux d'exploitation dans le courant du XVII^e siècle et la 2^e moitié du XVIII^e siècle, ces derniers effectués par de Genssane. Enfin, certains d'entre eux (mine Elisa, par exemple), découverts probablement plus tardivement, ont fourni une petite production pendant la 2^e moitié du XIX^e siècle. Depuis lors, toute activité minière a cessé dans le secteur.

Tous ces filons cuprifères ont des dimensions réduites, en particulier des épaisseurs généralement infra-métriques, et la majorité présentent des directions NE à NNE, en conformité avec l'orientation du faisceau régional prédominant de failles. Outre la chalcopryrite, leur minerai principal, accompagnée souvent de minéraux d'oxydation et de cémentation (bornite, cuprite, malachite et limonite), ils peuvent comporter de la pyrite, de la goëthite et de l'hématite, plus rarement de la tétraédrite. Les proportions des minéraux de Fe sont très variables et on peut trouver, à côté de filons essentiellement cuprifères, des filons mixtes Cu-Fe et des filons ferrifères renfermant seulement des traces de Cu. Le minéral de gangue principal est le quartz, auquel s'ajoutent de la barytine et, éventuellement, de la fluorine et des carbonates.

Le gîte principal de la carte est celui de la *mine Elisa* ou *Eliza* (2-4003), près de Mollau ; avec une production de 500 tonnes environ de minerai marchand dans la 2^e moitié du XIX^e siècle, à des teneurs de 25-30 % et 15-20 % Cu, il est probablement le plus important de tout le secteur et il comporte 4 filons parallèles voisins NE-SW, dont l'un a fourni, en outre, 45 tonnes de « limonite manganésifère ». La minéralisation, dans une gangue de quartz limpide et de quartz « hâché », comporte essentiellement de la chalcopryrite à pellicules de covellite, de la pyrite et des agrégats mamelonnés de goëthite. La *mine Adèle* (2-4003), ouverte à la même époque de l'autre côté du vallon, a probablement exploité le prolongement NE appauvri des 4 filons précédents, décalé par une faille cachée ; sa production n'a certainement guère dépassé une centaine de tonnes de minerai marchand. Ces deux mines voisines se trouvent dans des schistes et grauwackes.

Un 3^e gîte relativement important, du moins quant au développement des anciens travaux, est le *filon NNE de Steingraben* (2-4016), encaissé dans des kératophyres. Exploité par les mines du Haut et du Bas-Saint-Nicolas, il a produit à la fois du fer et du cuivre et sa gangue comporte de la fluorine ; il serait croisé par un petit filon de chalcopryrite et de malachite. Une ancienne

mine, appelée *Unterwassen* (2-4002), se trouvait approximativement au croisement du Bruckenbach et de la route RN 66. Il aurait exploité un filon NE-SW renfermant 15 à 30 cm de minerai de Cu réputé massif.

Plus à l'Est, au voisinage immédiat de *Storckensohn*, se trouvent les très anciens travaux de *Saint-Georges*, sur un filon NE-SW (1), ainsi que des travaux ayant exploré un filonnet NW-SE (2). Plus en amont dans la vallée du Vert Gazon, se trouvent les mines de *Elba inférieure* (2-4008) et *Elba supérieure* (5), ouvertes vers la même époque que les mines Élixa et Adèle. La première, qui intéresse plusieurs filons cuprifères, dont l'un est orienté E-W, correspond peut-être à une reprise des anciens travaux de Saint-Jean ; la deuxième, elle, comprend deux filons NE-SW essentiellement ferrifères, renfermant seulement des traces de Cu.

Il en est de même du filon sensiblement E-W de la *chapelle Bottiote* (7), dans le vallon de la Goutte Verrière (forêt de Saint-Maurice), où, en outre, la rare chalcopryrite est largement « limonitisée ». Quelques autres filons quartzeux situés dans ce secteur cuprifère peuvent même renfermer uniquement des minéraux ferrifères (hématite et goëthite). On peut citer : le filon NNW de *Neuf-Bois* (3) ; le filon NE de *Gresson ou Rouge-Gazon* (4) qui a produit effectivement du fer ; le filon de la *Tête des Perches* (6) qui au contraire, n'est que très faiblement minéralisé (hématite).

Situé à 5 km au SE de la mine Élixa et encaissé dans la même série schistograuwaackeuse d'Oderen, le gîte de la *mine Aurora*, appelé autrefois « *Unterschoitz* » (3-4001), présente la particularité de renfermer du plomb et, au point de vue paragéométrique, malgré la différence des roches encaissantes, il se rapprocherait plutôt du filon WNW-ESE du Brandeskopf, près de Wegscheid. Constitué par deux filons parallèles NNE-SSW, à pendage 50-60° E, son remplissage bréchique comporte, à côté de la chalcopryrite dominante et du cuivre gris, de la galène et de la bournonite fréquentes, ainsi que divers minéraux accessoires : pyrite, mispickel, blende, gersdorffite. La gangue principale est carbonatée (ankérite), accompagnée de quartz. Ces travaux, importants, ont atteint une profondeur de 160 m et il existait une fonderie au bord de la rivière ; mais, la production reste inconnue.

Minéralisations ferrifères du district de Thann. Le district ferrifère de Thann, encaissé dans les diverses formations du strato-volcan du Molkenrain (ancienne série viséenne de Thann), en bordure de la faille vosgienne, comprend un grand nombre de filons (environ une trentaine), dont une partie seulement a été figurée, faute de renseignements précis sur leur localisation. Ces filons ont été explorés ou exploités par une multitude de travaux anciens, dont certains remonteraient au XV^e siècle, aux alentours de l'an 1470. Ces premières exploitations furent interrompues, comme toutes les mines vosgiennes par les troubles de la guerre de Trente Ans ; puis, une reprise eut lieu en 1686, pour le compte du seigneur de Masevaux, pendant laquelle fonctionnait la fonderie d'Oberbruck, déjà citée, qui produisait annuellement 450 t de fer à l'époque de de Dietrich. Cette deuxième période d'activité cessa avec la Révolution de 1789, à la suite de laquelle une 2^e reprise eut lieu à partir des années 1820, qui dura jusqu'en 1860. Il existait pendant cette période deux hauts-fourneaux en activité, à Masevaux et à

Bitschwiller-lès-Thann, mais, malgré le grand nombre de mines ouvertes ou réouvertes, la production n'a jamais été importante ; pour citer un chiffre, la mine de Georgenwald, la plus importante avec celles de Steinbie et d'Ertzenbach, n'a guère fourni que 1 800 tonnes de minerai marchand entre 1835 et 1859. Il y eut ensuite quelques tentatives de reprise infructueuses de la part des allemands d'abord après la guerre de 1870, vers les années 1874-75, enfin à la fin du siècle.

Les divers filons, dont certains n'étaient que des filonnets, étaient généralement très lenticulaires et ils présentaient donc des épaisseurs très variables, leurs puissances pouvaient passer de 0,15 m à 4 ou 5 m, exceptionnellement 6 ou 7 m (filon de Kessel) ; toutefois, les épaisseurs moyennes habituelles ne dépassaient guère 0,50 m à 0,80 m. Ils présentaient assez souvent des ramifications, certaines branches étant productives et d'autres quasi-stériles. Ils possédaient ou non des salbandes argileuses.

Les directions étaient également variables et certains gisements, parmi les plus importants, étaient constitués soit par plusieurs filons parallèles, soit par plusieurs filons d'orientations différentes (cas de Steinby, par exemple). Toutefois, une direction dominait, celle de la faille vosgienne voisine NE-SW avec variations NNE-SSW ; la direction « complémentaire » NW-SE était également fréquente ; les pendages étaient généralement élevés (70° et plus), avec une exception notable, celle du filon NNE de Georgenwald dont le plongement ne dépassait pas 20° vers ESE.

La minéralisation principale était constituée par de l'hématite, de la goëthite et de la limonite, celle-ci provenant de l'oxydation de carbonates de fer ; certains gîtes renfermaient, en outre, des oxydes de fer et, sans qu'il s'agisse de « chapeaux de fer » sulfurés, on pouvait y trouver exceptionnellement (bois d'Uffholtz, par exemple) des traces de galène et de chalcoppyrite. Certains minerais étaient dépourvus de gangue, auquel cas ils formaient des veinules massives sillonnant une caisse formée par la roche encaissante argilisée : ces veinules étaient généralement plus concentrées au toit et (ou) au mur ; dans d'autres cas, il existait du quartz, de la barytine souvent pseudomorphosée en « quartz hâché » et, plus rarement (près de Bourbach-le-Haut, notamment), de la fluorine.

On notait presque toujours un appauvrissement rapide en profondeur, les parties les plus riches (généralement entièrement dépilées) étant situées près de la crête. Les lentilles exploitables individuelles pouvaient être très courtes, ne dépassant pas 3 à 4 m (« nids » des Anciens) ; les plus longues pouvaient atteindre, semble-t-il, une cinquantaine de mètres.

Les plus nombreux de ces filons se trouvaient dans les communes de *Willer-sur-Thur*, *Bitschwiller-lès-Thann*, *Thann* et *Steinbach* ; d'autres, plus disséminés, se trouvaient dans les territoires de Bourbach-le-Bas, Bourbach-le-Haut, Masevaux, Uffholtz, Altenbach et Rammersmatt. Il serait fastidieux de les décrire tous, même brièvement. Aussi, citerons-nous seulement les plus importants :

Steinby (ou *Steinbie*) 3-4004 et 36. Situé à 2,5 km environ à l'Ouest de Thann, dans des latites quartzifères, le gîte de Steinby a été, au début du

XIX^e siècle, un des principaux fournisseurs du haut-fourneau de Masevaux. Il a été exploré ou exploité au moyen de 7 ou 8 galeries réparties en 3 groupes : Steinbie-le-Haut, Steinbie-le-Milieu et Steinbie-le-Bas, lesquelles ont reconnu 3 filons quartzeux minéralisés principalement en goëthite : un filon principal NNE-SSW, un filon WNW-ESE appelé « filon de Lehmann » et un filon NW-SE présentant une branche au mur NNW-SSE ; ces filons, dont l'épaisseur variait entre 0,50 m et 1,50 m, devenaient stériles vers le bas de la montagne. La production de minerai a atteint 150 t en 1833 et seulement 20 t en 1836.

Georgenwald (52). Le gisement de Georgenwald se trouve à 4 km environ au SW de Steinby, sur le flanc est du Buchberg, entre Bourbach-le-Bas et Bourbach-le-Haut. Les derniers travaux y ont été exécutés entre 1827 et 1859, période pendant laquelle ils ont dû produire, d'après les archives minières, 1741, 5 tonnes de minerai marchand. Le minerai, constitué par de l'hématite associée à de la goëthite dans les parties supérieures, était contenu dans une formation filonienne de direction NE à NNE, présentant un faible pendage moyen (20°) vers le SE ou l'ESE et une épaisseur entièrement variable (entre 0,10 m et 3 m, exceptionnellement 4 m, voire 6 m). Le remplissage, d'apparence bréchique, était formé par un réseau de veinules enserrant des fragments d'une roche volcanique argilisée et sa puissance réduite présentait de grandes variations, atteignant 1,50 m dans les meilleurs « nids ». Il existait un filon croiseur orthogonal, minéralisé près du croisement, et, au voisinage, plus haut dans les latites quartzifères du Buchberg, d'autres travaux, repris entre 1828 et 1832, avaient reconnu 3 petits filons NE-SW.

Ertzenbach (3-4002). Encaissé dans des ignimbrites latitiques à proximité de Bitschwiller, sur le flanc SW de l'Ertzenbachkopf, le filon NE-SW de l'Ertzenbach, dont l'épaisseur variait entre 0,30 m et 1,50 m, était minéralisé en hématite et localement en sidérite, dans une gangue tantôt quartzreuse et tantôt « feldspathique » ou argileuse. Il a été l'objet, à plusieurs reprises, de travaux considérables (puits et galeries) qui, au moment de l'arrêt en 1860, atteignaient une longueur de quelques 1900 m. Plus en amont dans le même vallon, se trouvaient les *filons de Wickenbaechelé et de Baerenthal (33)* ; le premier était épais de 45 cm et long seulement de 120 m, mais sa minéralisation en hématite était réputée riche ; le second, dirigé NE-SW, renfermait également de l'hématite brune, associée à un peu de barytine.

Herrenstuben (42). Les anciens travaux de Herrenstuben sont situés dans la vallée de Steinbach, sur le flanc est du Herrenstubenkopf. Ils ont été l'objet de derniers travaux, dans la concession allemande Nassau, entre 1907 et 1911 ; mais, à cette époque, ils produisirent seulement 80 tonnes. Ils concernaient plusieurs filons NE : le filon de Neuberg ou Hersthal, le filon de Dietrich, le filon Kess et le filon de Saukopf. Ce dernier était minéralisé principalement en sidérite, les autres renfermant, outre de la sidérite plus ou moins « limonitisée », de l'hématite manganésifère.

Finsterbach (41). Situés au voisinage d'Herrenstuben, vers le NW, les travaux de Finsterbach comprenaient au début du XIX^e siècle, deux centres : Finsterbach 13 et Finsterbach 14, objets de très anciennes exploitations reprises dans les années 1830 époque où elles produisirent respectivement 180 t et 255 t. Dans *Finsterbach 13 (41)*, il existait deux filons qui se réunissaient : le filon de Fuchs dirigé NW-SE et un filon NNE-SSW à gangue

abondante de barytine. Le filon de Fuchs, puissant de 0,80 m à 4 m, était très irrégulier et présentait des ramifications ; son minerai était formé par de la goëthite associée à des oxydes de Mn terreux, dans une gangue de quartz carié ou « hâché ».

La mine de *Finsterbach 14* ou mine de Blaise Stucker était ouverte sur le *filon de Kessel*, un des principaux fournisseurs du haut-fourneau de Masevaux ; ses travaux s'étendaient depuis le vallon de Finsterbach jusqu'à celui de Kessel, un affluent de la vallée de Steinbach, dans lequel il aurait été exploité dans la mine allemande Thérèse. Dirigé WSW-ENE, il présentait un pendage de 40 à 50 % vers le NNW et une épaisseur très variable, entre 0,60 m et 7 m, dans laquelle la puissance réduite du minerai, constitué essentiellement par de la sidérite et de l'hématite manganésifère, atteignait jusqu'à 2,50 m ; mais, en profondeur, cette minéralisation disparaissait rapidement. Une branche NE, appelée « Grand Kessel », atteignait une longueur de 200 m.

De nombreux autres filons et travaux cités dans la littérature ancienne existent dans cette région située au NE de Thann, où ils restent mal connus ; toutefois, il semble toujours s'agir (exemple : *Baecherkopf*, 40) d'unités de dimensions modestes. Comme curiosité, on peut signaler que le filon d'*Oberfeld* (ou *Eberfeld*), situé quelque part dans la colline au Nord de Willers-sur-Thur, aurait fourni accessoirement des rognons de stibine (?). On peut ainsi signaler l'existence du petit filon NE de *Goutte* (30) (aujourd'hui Goute) à 75 m environ à l'WSW d'Altenbach, car, contrairement à tous les autres, il n'est pas encaissé dans les formations du Molkenrain, mais dans le granite de Goldbach.

Autres minéralisations du district de Thann. Outre le fer, le district volcanique de Thann renferme deux petits gîtes connus de *barytine*, gangue relativement fréquente dans les filons d'hématite et goëthite, situés près de *Leimbach* (37) et *Rammersmatt* (3-4003), et, surtout, très près de la faille vosgienne, *le groupe sulfuré du Silberthal* (4-4001), sur la rive droite de la vallée de Steinbach. Ce groupe comprend 4 filons NE-SW, dont les anciens travaux les plus connus sont ceux de Saint-Nicolas et Saint-Philippe, exploités dès le XV^e siècle ; d'autres exploitations eurent lieu ensuite, aux XVII^e et XVIII^e siècles, qui auraient fourni environ 2 000 tonnes de minerai à 22-32 % Pb et 300 à 600 g/t Ag ; puis, des travaux eurent lieu plus récemment, dans la concession allemande « Antonie », entre 1874 et 1880, enfin de 1899 à 1902 ; mais, ces derniers travaux, en raison de l'appauvrissement, n'ont guère fourni que 100 tonnes de minerai de plomb argentifère. La minéralisation, dispersée, est constituée principalement de cristaux de galène, associés à de la blende mielleuse, à de la chalcopryrite et à quelques minéraux secondaires : cérusite, azurite et malachite ; la gangue comprend surtout du quartz et de la barytine, de la sidérite moins abondante et de la fluorine rare qui, toutefois, réapparaît ici. Au voisinage immédiat et plus haut, près du sommet de l'*Amselkopf*, des travaux anciens ont été repris sans succès, dans les années 1860, sur deux petits filons quartzo-barytiques, minéralisés sporadiquement en galène incluse dans le quartz. Le premier est dirigé NE-SW comme les filons du Silberthal ; le second, de moindre importance, est orienté sensiblement N-S. Immédiatement au SW, à *Salviden*, se trouvent deux galeries qui auraient exploré un nouveau petit filon plombifère NE.

Il convient enfin de signaler que dans les haldes du filon ferrifère de *Galserberg*, situé dans le bois d'Uffholtz à 2 km au Nord des travaux du Silberthal, minéralisé principalement en sidérite, goëthite et oxydes de fer, se trouvent, outre de la barytine, des petites quantités de galène et pyrite. De la galène a été également signalée dans le secteur ferrifère du *Krummbachkopf*, sur le versant nord de la vallée de la Thur, entre Thann et Bitchwiller. Elle a fait l'objet, dans les années 1890, d'une concession allemande appelée « Victoria » et elle se trouvait au mur d'un filon quartzeux bréchiq, dans une bande épaisse de 10 cm. En outre, P. Fluck (1972) mentionne une mine près de Thann, nommée *Landeskron*e, qui aurait fourni de la galène et de la chalcopyrite ; on ignore actuellement son emplacement.

Pour en terminer avec les minéralisations du socle hercynien, il faut noter l'existence d'un indice d'*uranium*. Celui-ci (renseignements communiqués par F. Ruhlmann, COGEMA) se trouve à proximité du *col Amic* (point coté 825, au croisement de la RN 431 et de la RD 13⁶) ; de taille infra-économique, il est encaissé dans une brèche des formations volcano-sédimentaires du Molkenrain, à proximité de la bordure orientale du granite de Goldbach ; sa minéralisation est constituée par de la pechblende et de la clausthalite.

Minéralisations dans la faille vosgienne. En bordure du champ de fractures de Vieux-Thann, la faille vosgienne, dirigée N 45°, est bien marquée par une brèche quartzreuse ou quartzo-barytique particulièrement puissante. Sur le versant nord de la vallée de *Steinbach* (43), environ à mi-côte, la bordure SE de cette brèche renferme, sur une épaisseur de 1 m environ, une petite lentille de galène, cérusite et pyromorphite (teneur environ 4 % Pb), dont un sondage a montré le coincement rapide en profondeur. Il existe également du zinc, finement disséminé. D'autres petits travaux dans la brèche ont été exécutés au Sud de l'*Amselkopf*. Tous ces indices sont voisins des filons du Silberthal.

Minéralisations dans les terrains sédimentaires immédiatement à l'Est de la faille vosgienne. Enfin, dans le compartiment abaissé de la faille et à son voisinage immédiat, des minéralisations plombo-zincifères existent dans les formations sédimentaires ; elles sont connues principalement grâce à des campagnes récentes de sondages, effectuées d'abord par la SMM Châtelet, ensuit par la SNEA (P). Elles sont encaissées d'une part dans le *Muschelkalk* et, d'autre part, dans le *Sannoisien* [renseignements communiqués par G. Coustau, SNEA (P)].

Les minéralisations du Muschelkalk se trouvent dans la région de Watwiller, tant en surface qu'en profondeur. En surface, il s'agit d'une minéralisation oxydée visible dans un thalweg, à proximité de la faille vosgienne et en contre-bas de la colonie de vacances. Elle consiste en un remplissage noirâtre d'aspect karstique, formé principalement d'argiles zincifères dans des dolomies du Muschelkalk supérieur. En profondeur, dans le secteur de la pépinière, ce sont des minéralisations sulfurées Pb-Zn qui ont été observées, associées à de la fluorine et de la barytine, dans les mêmes dolomies très silicifiées ainsi que dans des argiles noires du Muschelkalk moyen. Ces minéralisations peuvent atteindre une puissance de 15 m, mais elles sont très irrégulières, se trouvant en liaison avec un réseau dense de fractures très redressées et des zones bréchiqes à circuit argileux, siliceux, dolomitique ou barytique ; en outre, leurs teneurs moyennes sont faibles (3 à 4 % métal).

Les minéralisations reconnues de l'Oligocène, complètement inconnues auparavant car elles n'affleurent nulle part, se trouvent au voisinage immédiat de *Steinbach*, toujours à proximité de la faille. Elles sont constituées par de la blende et de la galène, associées à de la barytine très abondante et accompagnées de silicifications importantes, encaissées dans des formations argilo-détritiques du Tertiaire gris surmonté par un Tertiaire rouge conglomératique dont l'épaisseur atteint localement 300 m. Ce changement de couleur est situé dans une formation rubanée qui a pu être corrélée avec les marnes grises situées au mur des couches de potasse du bassin de Mulhouse.

La minéralisation Pb-Zn, qui a été traversée sur une centaine de mètres, comporte également de la pyrite framboïdale et, en outre des baguettes de barytine, sa gangue est formée par du quartz et plus rarement de la fluorine. La disposition générale stratiforme n'est pas évidente, car tous les minéraux précédents, particulièrement la galène et la barytine, se trouvent de préférence dans des filets ou filonnets redressés constituant une importante zone fracturée et bréchique, au voisinage de la faille vosgienne ; en s'éloignant de cette faille, il est donc à craindre que la minéralisation disparaisse. Il existe quelques passées « riches » (7 à 10 %) métriques ou plurimétriques, mais la teneur moyenne est très faible (2 % Pb + Zn). Cette faible teneur, ainsi que la profondeur, sont des facteurs qui ont entraîné l'abandon des travaux.

Metallogenèse

Si l'on excepte les gisements du district de Thann situés au voisinage de la faille vosgienne et les gîtes Cu-Fe du secteur d'Urbès-Mollau, il apparaît probable que toutes les autres minéralisations de la carte puissent être liées à *une activité métallogénique hercynienne associée aux diverses intrusions du granite des Ballons*, étalées dans le temps du Viséen inférieur au Westphalien. La concentration remarquable de la majorité des gîtes et indices au voisinage immédiat des bordures de ce granite, de part et d'autre de celles-ci, plaide en faveur de cette hypothèse, ainsi que la disposition générale zonaire non moins remarquable. Les minéralisations de haute température se trouvent dans les faciès de bordure eux-mêmes (indices de Mo et arséniures de Cu de haute température) ou, dans le Viséen, très près des contacts (magnétite et scheelite «pyrométasomatiques»), tandis que, en s'éloignant, les minéralisations, qui deviennent dispersées, présentent des caractères nettement de plus basse température (filon de barytine de Houppach, par exemple).

En outre, la disposition générale des minéraux de gangue, avec certes des exceptions, fournit un argument dans le même sens : dans une première zone, interne ou proximale, prédominent le quartz ou bien le quartz et la fluorine (lac d'Alfeld) ; ensuite, dans une 2^e zone, apparaît en outre de la barytine et c'est dans cette zone à gangue complexe Q + Ba + F que se trouvent les principales minéralisations sulfurées (Rimbach, Brandeskopf, Klosterwald,...) ; puis, la fluorine disparaît et la gangue n'est plus formée que par du quartz et de la barytine (Heidenkopf) ; enfin, dans une 4^e zone, se trouvent des filons essentiellement barytiques (Houppach). Dans tous les cas, il convient de le noter, des carbonates (sidérite, ankérite, plus rarement calcite) peuvent s'ajouter aux gangues précédentes.

La succession grossière décrite : quartz → fluorine → barytine, est souvent considérée comme significative d'une décroissance de température et d'autres arguments paragénetiques sont développés dans la thèse de F. Ruhlmann (1974) : par exemple, les minéralisations proches du massif granitique sont caractérisées par la présence de divers minéraux de Bi et elles seules renferment l'association pyrite-mispickel-pyrrhotite, considérée comme une formation hydrothermale chaude. Pour toutes ces raisons, on est forcé d'admettre que les minéralisations en question se trouvent en relation génétique avec l'intumescence thermique du dôme « granitique » des Ballons.

Toutefois, comme en témoignent les minéralisations encaissées dans le Muschelkalk et l'Oligocène, ainsi que celles dans la brèche de la faille vosgienne, la métallogenèse dans la partie orientale de la carte n'est plus hercynienne, mais alpine, liée à l'effondrement du Fossé rhénan. A cette métallogenèse plus récente peuvent probablement se rattacher les nombreux filons de Fe ou Fe-Ba de la région de Thann, ainsi que les minéralisations sulfurées Pb-Zn du Silberthal, dans lesquelles réapparaît de la fluorine. Cependant, la réalité est peut-être plus complexe car, étant donné le faible éloignement de tous les gîtes, il est fort possible que les minéralisations « hercyniennes » aient été plus ou moins remobilisées pendant les phases tectoniques et métallogéniques alpines. Des renseignements à ce sujet pourraient éventuellement être fournis par des analyses isotopiques du plomb des galènes.

Il est plus difficile d'assigner une origine aux gîtes de Cu, caractérisés par l'absence de Pb et Zn, dont l'ensemble forme *grosso modo*, une bande orientée E-W, à quelques kilomètres au Nord du monzogranite des Ballons. La présence exclusive de ce métal ne peut être attribuée à une influence topochimique, puisque les gisements de Bussang-Fresse-sur-Moselle se trouvent dans des roches granitiques — microgranitiques et ceux d'Urbès-Mollau dans les schistes et grauwackes du Viséen moyen-inférieur; cette influence a toutefois pu jouer en ce qui concerne les minéraux, car, dans les premiers, prédomine le cuivre gris et, dans les seconds, la chalcopyrite. Leur métallogenèse est très probablement hercynienne, mais on ne sait à quelle intrusion les rapporter; il n'est pas exclu que ce soit une phase particulière de « granite » des Ballons, étant donné que, au Sud, on trouve un groupement cuprifère « symétrique » dans la région de Giromagny.

Enfin, en ce qui concerne l'indice uranifère du col Amic, on peut rappeler que M. Coulon (1976) a signalé la présence d'anomalies géochimiques générales U dans les monzonites hypovolcaniques. Or, de telles roches forment des pointements au voisinage de ce col. De même, les grauwackes supérieures présentent des anomalies U, au moins dans la région de Bitchwiller.

Données complémentaires

Des données complémentaires sur nombre de ces mines ont été publiées postérieurement à la rédaction de cette rubrique dans l'Encyclopédie de l'Alsace; textes de A. Barth, B. Bohly et P. Fluck (voir référence en bibliographie) et pour les mines de Steinbach, voir les notes de B. Bohly et A. Barth (1983).

Les altérations hydrothermales associées aux minéralisations à molybdène de la Goutte des Œilletts et à la fluorine du Langenberg ont été détail-

lées par L. Griffault (1987) : on distingue des paragneiss de haute température (potassiques) liés au molybdène, en association ou non avec le cuivre et des paragenèses filoniennes de moyenne à basse température (phylliques = « sériciteuses » puis à argiles et carbonates) liées à la fluorine ainsi qu'à de l'arsenic et de la barytine. Ces altérations locales sont surimposées à un fond propylitique, chloriteux, d'extension régionale.

Par arrêté du Ministère de la Culture et de la Communication du 2 mars 1987, les anciens sites miniers ont été inscrits au patrimoine archéologique. Toute visite de ces sites est donc soumise aux règlements concernant ce patrimoine et tout prélèvement, fouille, implantation de pitons, etc., doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation préalable à la Direction des Antiquités historiques (Région Alsace : Palais du Rhin, 3, place de la République, 67082 Strasbourg cedex ; Région Lorraine : 6, place de Chambre, 57000 Metz ; Région Franche-Comté, 9, bis rue Charles-Nodier, 25300 Besançon).

LISTE DES GITES MINÉRAUX INDIQUÉS PAR UN NUMÉRO 1 à 53 SUR LA CARTE

N°	Commune Lieu-dit Nom du gîte	Forme Direction	Type Élément
1	Storckensohn Saint-Georges	Mince filonnet NE	Cu, Fe
2	Storckensohn		Cu
3	Storckensohn-Urbès, Neuf Bois	Filon N-NW	Fe
4	St-Maurice/Moselle, Le Gresson ou Rouge Gazon	Filon NW-SE anciens travaux	Fe
5	Storckensohn, Elba supérieure	2 filons NNE-SSW	Fe (Cu)
6	Rimbach-Storckensohn Tête des Perches	Filon N30 °E	(Fe)
7	St-Maurice/Moselle, Chapelle Botiotte	Filon environ E-W	Fe (Cu)
8	Rimbach, Soppelberg	Filon N30 °E	Fe (F)
9	Rimbach, Grand Neuweiher	Filon N50 °E, au Nord du lac	Fe (F)
10	Rimbach, Grand Neuweiher	Filon N30 °E au Sud du lac	Fe (F)
11	Sewen, Neuberg	(Filon) N90-N105 °E	(Fe)
12	Sewen, Wasserfall	Imprégnation dans microfissure	(Cu, As Ag)
13	Sewen, Ronde Tête	Filon N45 °E	Fe Ba (F)
14	Sewen, Oberalfeld	Filon N100 N110 °E subdivisé vers l'W	Ba (Fe)
15	Sewen, Alfeld	Filon N43 à N72 °E	F
16	Sewen, verrou du lac d'Alfeld	Veines variables direction domin. NW	Fe(Ba, Cu)
17	Rimbach, Ermensbach	Imprégnation dans gabbro hydrothermal.	(Cu Pb Fe)
18	Sewen Enzengezzick	Système filonien	(F)
19	Sewen, Langenberg	Grande structure variant N37 à N53 °E	Fe (Cu)
20	Sewen, Bramenstein	Filonnets NW-SE	F (Ba)
21	Dolleren Graberbach	Filon de direction inconnue	F Ba
22	Rimbach Leimberg II	Filon N35 °E	(Fe)
23	Rimbach Leimberg I	Filon N80 °E	F Fe
24	Rimbach et Oberbruck Hagenmattwald	Filon N40 °E	(Cu)
25	Weigscheid et Rimbach Tiefkoehl	Filon WNW-ESE	Ba (F)

N° Commune Lieu-dit Nom du gîte	Forme Direction	Type Élément
26 Rimbach Belacker	1 filon E-W	Cu
27 Weigscheid Heimbach II	Filon N90°E	Ba
28 Weigscheid Le Soultzbach	4 veines de Ba E-W de 5 à 80 cm	Ba
29 Sickert Sickertbach (Puck 5)	Imprégnation fissurale peu étendue	(Cu Pb)
30 Goldbach Goutte	Filon NE	Fe
31 Willer/Thur Nudloch ou Nuetloch	Filon NW-SE	Fe
32 Willer/Thur Karsprung	Filon NNW-SSE	(Cu)
33 Bitschwiller Wickenbaecher	Filon N 75°E	Fe
34 Bitschwiller Allenburn	Filon NW-SE	Fe
35 Rammersmatt Hochberg, concession Julien	Filon NNW	Fe
36 Thann Steinbie	Filons NS	Fe (Ba)
37 Leimbach	Filon subNS Q Ba 2° gisement au sommet voisin	Ba
38 Goldbach Col Amic	Fracture	U
39 Bitschwiller Baerenthal	Filon N40°E	Fe
40 Thann Baecherkopf	Fissure N50°E (15 à 20 cm)	Fe Ba
41 Thann Finsterbach 13	1 filon NW-SE 1 filon Ba NNE-SSW	Fe (Ba Mn)
42 Steinbach Herrenstube	Filon de Neuberg ou Hersthal, filon de Dietrich NE-SW	Fe (Mn)
43 Steinbach (faille vosgienne)	Minéralisation lenticulaire dans la brèche (Q Ba)	
44 Sewen Fennematt	1 Filon subNS	Pb
45 Sewen Fennematt	1 filon N-NE	As
46 Wegscheid Fennematt	1 filon N-NE	F (Pb Cu)
47 La Madeleine Tête du Mineur	Oligiste fissural	As
48 Masevaux Eichbourg concession Catherine	Filon lenticulaire	Fe
49 Masevaux Griwaswald	Remplissage de fissure Filon SW-NE	Fe
51 Rougemont-le-Château	Filon ENE-WSW	Ba (Pb)
52 Bourbach-le-Bas	Filon princ. NNE filon ESE	Fe
53 Bourbach-le-Bas, Buchberg	3 filons NE-SW	Fe

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

INDICATIONS POUR DES ITINÉRAIRES D'EXCURSIONS GÉOLOGIQUES.

Par la grande variété de son sous-sol et des conditions d'affleurement assez bonnes pour la région, la feuille Thann se prête bien à des excursions à caractère thématique. En particulier, les faciès paléovolcaniques du Viséen présentent un grand intérêt au niveau général. Ils ont été l'objet de plusieurs excursions (références complètes en bibliographie) :

– Coulon M. *et al.* (1977) – Itinéraire d'excursion géologique dans le massif du Molkenrain.

La géologie de la partie vosgienne des vallées de la Thur et de la Doller est présentée par plusieurs itinéraires :

– Ruhland M. (1962) – Itinéraire d'excursion géologique dans le primaire des Vosges méridionales entre les vallées de la Lauch et de la Thur.

COUPES DES SONDAGES PROFONDS DONNANT LE

SONDAGES PROFONDS (Recherche de pétrole ou de potasse)		Désignation et localisation		Numéro sur la carte (archivage S.G.N.)			
				4-27	4-26	8-2	8-4
				Société de forage			
				Commune			
				Nom du sondage Autre numéro			
				Se V DP 88	Se III	Se I	Se IV
				Année de réalisation			
Données géologiques		C E R N A Y					
CHRONOSTRATIGRAPHIE		Cote au sol z: + 288 + 293 + 290 + 290					
		Profondeur 578,30 851 701,65 477					
		Interprétation utilisée M.D.P.A. B. Förster, 1911 Maikovsky					
		Epaisseur du quaternaire 29 35 36 16					
		Zone de transition + 259					
TERTIAIRE	OLIGOCÈNE	STAMPIEN SUPÉRIEUR	RUPELIEN	Couches à melettes Schistes à amphisyles Marnes à foraminifères			
				Zone salifère supérieure + 254 + 258 + 254 + 274 - 187			
		STAMPIEN INFÉRIEUR	LATTORFIEN	Zone salifère moyenne - 278,5 - 255 - 309,5 - 290,2 - 411			
				Zone salifère inférieure - 550 - 568			
	ÉOCÈNE	PRIABONIEN	ÉOCÈNE (LUTÉTIEN)	Calcaires lacustres et sidérolithique			
		BARTONIEN à LUTÉTIEN		Surface d'érosion ("séquanien" et "rauracien")			
				"marnes" callovo-oxfordiennes			
		Grande oolithe					
	SECONDAIRE	JURASSIQUE	OXFORDIEN SUPÉRIEUR				
			OXFORDIEN INFÉRIEUR				
CALLOVIEN CALCAIRE							
BATHONIEN INFÉRIEUR							

S COTES DU TOIT DES PRINCIPALES FORMATIONS

8-5	8-6	8-8	8-3	8-11	8-9	8-7	7-10	7-7	7-5	7-6
M.D.P.A.	M.D.P.A.			GEOREX	D.E.A.		GEOREX		D.E.A.	D.E.A.
REININGUE			SCHWEIGHOUSE		MICHELBAACH			GUEWENHEIM		SENTHEIM
Rei X DP 85	Rei XII DP 96	Rei VIII	Schw I	Burnhaupt 1	Senheim 2 RB 845	Mi 1	Mi 101		Senheim 1 RB 803	Senheim 3 RB 905
1961			av. 1911	1971	1942	av. 1910	1971	av. 1930	1941	1942
963,980	964,040	963,840	963,050	962,535	958,600	957,980	957,380	956,880	955,900	952,750
317,680	317,680	317,600	317,710	316,166	316,890	317,540	317,540	316,360	315,710	317,640
+ 282	+ 295	+ 289	+ 287	+ 289	+ 342	+ 329	+ 348	+ 328	+ 343	+ 422
538,70	544	444,37	719,65	1 483,3	1 003,4	735,6	1 059	558	1 120	435
M.D.P.A.	M.D.P.A.	Maikovsky	Förster	GEOREX		Förster	GEOREX	Jung et Schneegans	M.D.P.A.	
20	25	23	25	17	12	(sol)		11	11	
+ 262										
+ 259	+ 270	+ 265	+ 262	+ 272	+ 330	+ 329	+ 348	+ 317	+ 332	?
+ 249	+ 246	?	?	+ 191	+ 261	?	+ 333	+ 317	+ 268	?
+ 242	+ 239	?	?	+ 179		?	+ 323	?	+ 261	?
+ 231	+ 227	?	?	+ 159	+ 240	+ 266	+ 310	+ 282	+ 251	?
		- 155,4								
- 254	- 246		- 256,5	- 283	- 142	- 8,2	+ 10	- 93	- 78	
- 256,7	- 249		- 432,6			- 221	- 139	- 202	- 265	
				- 506	?					
					- 661,4	- 406,6		230	- 504	
				- 1 134,5					- 740	+ 84
				- 1 143,5				- 394		+ 68
				- 1 194,3				- 492		- 13
								- 627		
								- 684		
								- 711		

L É GENDE

- ? Niveau probablement représenté, mais à une cote inconnue
- 155,5 Cote du fond du forage
- Formation avec passées conglomératiques

- 221 } Formation conglomératique avec cotes de son toit et de son mur
- 406,6 }
- ==== Lacune (non dépôt, érosion et légère discordance)

– Ruhland M. (1966) – Itinéraires d'excursion géologique dans les Vosges hercyniennes entre les vallées de la Thur et de la Doller.

– Eller J.P. von (1976) – Guide Vosges-Alsace. Itinéraires 20 (vallée de la Lauch et la route des crêtes ; le massif du Markstein et du Grand Ballon), 21 (vallée de la Thur) et 22 (vallée de la Doller et environs de Bourbach-le-Haut).

Dans le même guide, l'itinéraire 23 recoupe les séries de Giromagny, Thann et Malvaux dans le bassin versant de la Savoureuse.

Thème tectonique :

– la brèche de faille de Steinbach (Ruhland M., 1979),

– le champ de fractures de Lauw (Gillet S. et Schneegans D., 1935).

Thème granites (le granite des Ballons et ses faciès de bordure) :

– Excursion du groupe des granitologues 2-7 octobre 1978, Forêt Noire – Vosges, direction M. Pagel, CREGU, Nancy (à proximité, sur la feuille à 1/50 000 Giromagny).

– Excursion du groupe français de pétrologie structurale des roches éruptives (direction C. Gagny, univ. Nancy), 1982, laboratoire de pétrologie structurale et métallogénie. Univ. Nancy I.

Secondaire des champs de fractures :

– sentier géologique du Wolfloch balisé dans le champ de fractures de Lauw ; brochure diffusée par la mairie de Sentheim 68780, tél. : 89 82 52 03 ;

– sentier de la nature du Trankerwald ; sentier balisé au Nord de Bourbach-le-Bas.

Tertiaire :

– excursion du groupe d'étude du Paléogène (carrière de Guewenheim). C. SITTLER *et al.* (1986). Institut de Géologie, Strasbourg.

Quaternaire :

– excursion AFEQ 1979 (H. Vogt, 1979 et F. Ménillet, 1979).

LISTE DES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACKERMANN E. (1911) – L'industrie minière et métallurgique en Alsace, 40 ans après l'annexion. 140 p., Rixheim.

AGUIRRE-MORALES A. (1966) – Étude hydrologique de la vallée de la Thur à son débouché dans la plaine d'Alsace. D.E.S. Strasbourg.

ANDRÉ F. (1980) – Bréchification magmatique et différenciation géochimique des plutonites en bordure nord du massif des Ballons (Vosges méridionales). 8^e RAST, Marseille, p. 8.

ANDRÉ F. (1981) – Un exemple de vauugnérinite, cumulat d'une association gabbro-dioritique dans le massif des Ballons (Vosges méridionales, France). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 293, sér. II, p. 445-448.

ANDRÉ F. (1983) – Pétrologie structurale et pétrogenèse des formations septentrionales du massif des Ballons (Vosges, France). Thèse 3^e cycle, univ. Nancy I. 247 p.

ANDRÉ F., BÉBIEN J., GAGNY Cl. (1979) – Observations sur des brèches magmatiques dans les plutonites situées en bordure nord du massif des Ballons (Vosges méridionales). *7^e RAST*, Lyon, p. 10.

ANDRÉ F., BÉBIEN J. (1983) – Déchirures continentales et plutonisme : étude pétrologique et structurale comparée de l'association ignée de Guévuéli (Macédoine grecque) et des formations plutoniques basiques situées en bordure nord du massif des Ballons (Vosges, France). *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XXV, n° 3, p. 291-299.

ANDRÉ F., GAGNY Cl. (1981) – Proposition d'un âge namurien pour le granite porphyroïde des Ballons, témoin vosgien du plutonisme à potentialités molybdénifères au Carbonifère supérieur. *106^e Congr. Nat. Soc. sav.*, Perpignan, 1981, 111, p. 287-296.

ARTHAUD F., MATTE P. (1975) – Les décrochements tardi-hercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation (Late Hercynian wrench-faults in southwestern Europe. Geometry and nature of the deformation). *Tectonophysics*, 106, p. 239-257.

BAIN A. (1964) – Étude d'un microplancton (acritarches) du Dévonien supérieur, D.E.S. Strasbourg, 36 p., 5 pl.

BAULIGH. (1922) – Question de morphologie vosgienne et rhénane. *Ann. de géogr.*, t. XLI, p. 132-154 et 385-401.

BÉBIEN J., GAGNY Cl. (1978) – Le plutonisme viséen des Vosges méridionales. Un nouvel exemple de combinaison magmatique entre roches tholéïtiques et calcoalcalines. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 286, sér. D, p. 1045-1048.

BÉBIEN J., GAGNY Cl. (1979) – Quelques coulées à pillow-lavas de la forêt de Saint-Maurice-sur-Moselle (Dévono-Viséen inférieur des Vosges méridionales). *104^e Cong. nat. Soc. sav.*, Bordeaux, 1979, sciences, fasc. 3, p. 149-159.

BERGERAT F. (1977) – Le rôle des décrochements dans les liaisons tectoniques entre le Fossé de la Saône et le Fossé rhénan. *C.R. somm. Soc. géol. France*, fasc. 4, p. 195-199.

BERGERAT F. (1985) – Déformations cassantes et champs de contrainte tertiaires dans la plate-forme européenne. Thèse sciences univ. Paris 6, p. 101-144.

BLADIER Y. (1978) – La fracturation du granite des Ballons (Vosges).

Hypothèse sur l'âge tardihercynien et oligocène des directions de contrainte. 6^e RAST, Orsay, p. 39.

BLANC-VALLERON M.M., GANNATE. (1985) – Cartographie de subsurface du Salifère supérieur du bassin potassique de Mulhouse (Oligocène, Alsace). *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. I, n° 6, p. 823-836

BLANCHARD J.P. (1977) – Mise en évidence d'une zonalité géochimique dans le granite porphyroïde des Ballons (Vosges méridionales). *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XIX, n° 1, p. 143-148.

BLANCHARD J.P. (1978 a) – Contrôles géochimiques de la cristallisation des magmas des Ballons (granite des Ballons, Vosges méridionales), *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 287, sér. D, p. 975-978.

BLANCHARD J.P. (1978 b) – Dynamique magmatique du Granite porphyroïde des Ballons (Vosges méridionales). «Fluidalités planaires imbriquées» et «couloirs magmatiques». Phénomènes de percolation. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XX, n° 2, p. 157-162.

BLANCHARD J.P. (1979 a) – Différenciation mécanique et thermique dans les filons de microgranite des crêtes de la région de Saint-Maurice-sur-Moselle et conséquences chimico-minéralogiques (Vosges). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 288, sér. D, p. 979-982.

BLANCHARD J.P. (1979 b) – Influence rhéologique des magmas sur la différenciation et sur l'enregistrement des déformations lors de la mise en place, application au granite des Ballons. *104^e Congr. Soc. sav.*, Bordeaux, sciences, fasc. III, p.161-172.

BOENIGK W. (1978) – Die Gliederung der altquartären Ablagerungen in der linksrheinischen Niederrheinischen Bucht. *Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westfalens*, 28, 135-212, Krefeld.

BOENIGK W. (1982) – Der Einfluss des Rheingraben-systems auf die Flussgeschichte des Rheins, *Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd.* 42, 167-175, Berlin, Stuttgart.

BOHLY B., BARTH A. (1983) – Les mines de Steinbach. 28 p., Soultz.

BOUDOT J.P. (1976) – Écologie du paysage et processus de pédogénèse sur les grauwackes de la série du Makstein (Hautes Vosges). Thèse de 3^e cycle univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 153 p.

BOUDOT J.P. (1985) – Note sur quelques associations forestières feuillues spécialisées des Hautes Vosges. *Bull. Ass. Philomat. Als. Lorr.*, 21, p. 45-63.

BOUDOT J.P., BRUCKERT S., SOUCHIER B. (1981) – Végétation et sols climax sur les grauwackes de la série du Markstein (Hautes Vosges). *Ann. Sci. Forest.*, 38, (1), p. 87-106.

BRIQUET A. (1930) — Le Quaternaire d'Alsace. *Bull. Soc. géol. France*, (4), XXX p. 977-1027.

CAVELIER C. (1979) — La limite Éocène-Oligocène en Europe occidentale. *Sci. Géol.*, Mém. n° 54, p. 116-118, 161-163 et 181-182, Strasbourg.

CHATEAUNEUF J.J. (1980) — Palynologie et paléoclimatologie de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène du Bassin de Paris. *Mém. B.R.G.M.* n° 116, p. 292-299.

CHATEAUNEUF J.J. (1983) — Dinokystes et milieux confinés du Paléogène du Bassin de Paris. *Sci. Géol. Bull.*, 36, 4, p. 223-230.

COLLOMBE. (1844) — Note sur les moraines, les blocs erratiques et les stries de la vallée de Saint-Amarin (Haut-Rhin). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. XIX, p. 1263-1267.

COLLOMBE. (1847) — Preuve de l'existence d'anciens glaciers dans les vallées des Vosges. Du terrain erratique de cette contrée. Paris, Masson éd., 246 p., 3 pl. h.t.

CONTINID. (1967) — Paléogéographie de la moitié sud du Fossé rhénan au Dogger, in Rothé J.P. et Sauer K. (1967), the Rhinegraben progress report 1967, *Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg*, 6, p. 44-47, Freiburg i. Br.

CORSIN P., COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C., POINT R. (1973) — Étude de la flore de la série de Giromagny (Viséen supérieur des Vosges méridionales); comparaison avec les autres flores du Culm des Vosges. *Sci. Géol., Bull.*, 26, 1, p. 43-68, VII pl. h.t., Strasbourg.

CORSIN P., COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C. (1977) — Découverte d'une nouvelle flore viséenne dans le massif du Molkenrain (Haut-Rhin), son intérêt paléobotanique et ses implications paléogéographiques. *5^e RAST*, Rennes, p. 65.

COULON M. (1973) — La discordance du Viséen supérieur dans les Vosges méridionales. *1^{er} RAST*, Paris, p. 173.

COULON M. (1976 a) — Place du plutonisme dans le contexte paléogéographique du Viséen des Vosges méridionales. *Ann. Soc. géol. Nord*, XCVI, 4, p. 387-398, Lille.

COULON M. (1976 b) — Origine probable des concentrations uranifères dans les grauwackes du Viséen supérieur de la région de Thann (Haut-Rhin). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 283, sér. D, p. 1691-1694.

COULON M. (1977 a) — La tectonique intra-viséenne dans les Vosges du Sud, inductrice de la mise en place du plutonisme et du volcanisme. *5^e RAST*, Rennes, p. 169.

COULON M. (1977 b) — La zone sud-vosgienne, segment d'une mégastructure du tectorogène varisque. *Ann. Soc. géol. Nord*, XCVIII, p. 119-122, Lille.

COULON M. (1977 c) – Évolution du Viséen entre les vallées du Rahin et de l'Ognon (Vosges méridionales). Existence d'une zone à comportement de linéament. *Sci. Géol. Bull.*, 30, 2, p. 79-89.

COULON M. (1979) – Le Viséen moyen, un témoin des relations entre les Vosges méridionales et le Nord-Est du Massif central. *RAST*, Lyon, p. 134.

COULON M., FOURQUIN C., HEDDEBAUT C., PAICHELER J.C. (1975 a) – Mise au point sur l'âge des faunes de Bourbach-le-Haut et sur la chronologie des différentes séries du Culm des Vosges du Sud. *Sci. Géol. Bull.*, 28, 2, p. 141-148, Strasbourg.

COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C., POINT R. (1975 b) – Contribution à la connaissance du tectorogène varisque dans les Vosges méridionales. II – Le Culm de la région comprise entre Giromagny et Bourbach-le-Bas (partie occidentale de la feuille à 1/50 000 de Thann), *Sci. Géol. Bull.*, 28, 2, p. 109-139, 1 carte et 2 fig. h.t. Strasbourg.

COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C. (1977) – Itinéraire d'excursion géologique dans le massif du Molkenrain. *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, 56^e vol., 1975, 1976, 1977, p. 173-177.

COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C., CONIL R., LYSM. (1978) – Stratigraphie du Viséen des Vosges méridionales et datations obtenues par l'étude de plusieurs niveaux à microfaunes et algues. *Sci. Géol. Bull.*, 31, 2, p. 77-93, 2 pl. h.t., Strasbourg.

COULON M., FOURQUIN C., PAICHELER J.C. (1979) – Contribution à la connaissance du tectorogène varisque dans les Vosges méridionales. III – Le Culm entre Bourbach-le-Bas et le Molkenrain (Vosges méridionales). *Sci. Géol. Bull.*, 32, 3, p. 117-129, Strasbourg.

COULON M., LEMOIGNE Y. (1969) – *Palaexylon bourbachensis* : nouvelle structure ligneuse du Viséen des Vosges. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 269, p. 1498-1501.

COULON M., PAICHELER J.C. (1975) – Les pyroclastites rhyodacitiques du Culm des Vosges du Sud. *Ann. univ. ARERS Reims*, 13, p. 33-38.

COULON M., FRIZON de LAMOTTE D. (1968) – Les craies éclatées du secteur d'Orney (Marne, France) : le résultat d'une bréchification par fracturation hydraulique en contexte extensif. *Bull. Soc. géol. France*, (8), IV, 1, p. 177-185.

COULON M., FRIZON de LAMOTTE D. (1988) – Les extensions cénozoïques dans l'Est du Bassin de Paris : mise en évidence et interprétation. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t307, sér. II, p. 1113-1119.

COURTOT C., GANNATE., WENDLINGE E. (1972) – Le bassin potassique de Mulhouse et ses environs. Étude du Tertiaire. *Sci. Géol. Bull.*, 25, 2-3, p. 69-91, Strasbourg.

CREUZOT G. (1983) – Étude géologique du bassin permien de Ronchamp-Giromagny. Thèse 3^e cycle univ. Besançon, 187 p., 3 + XXXIV p. ann.

DELACQUIS G. (1985) – Étude géotechnique des séries détritiques des contreforts vosgiens de Haute-Saône et du Territoire de Belfort. Thèse 3^e cycle univ. Besançon, 219 p., 85 pl. +tb., 35 p. ann., 7 p. réf.

DELBOS J. (1858) – Note sur les ossements des cavernes Sentheim et de Lauw (Haut-Rhin). *Bull. Soc. géol. France*, (2), XV, p. 300-301.

DELBOS J., KOECHLIN-SCHLUMBERGER J. (1866) – Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin. 2 t., 484 + 545 p., Mulhouse.

De DIETRICH P.F. (1789) – Description des gîtes de minerais, forges, salines, verreries etc... de la Haute et Basse Alsace. t. II, 3^e et 4^e parties, Paris, Didot éd.

De GENSSANE (1756) – Mémoire sur l'exploitation des mines d'Alsace et du comté de Bourgogne (Haute-Saône, Giromagny, Saint-Amarin, Steinbach, Osenbach). In Gobet : les anciens métallurgistes du royaume de France, II, 1779, p. 743-794, Paris.

DOUBINGER J., RAUSCHER R. (1966) – Spores du Viséen marin de Bourbach-le-Haut dans les Vosges du Sud. *Pollens et Spores*, VIII, 2, p. 361-405.

DRESCH J. (1962) – Observations sur les formes glaciaires et périglaciaires du Ballon d'Alsace, Vosges, France. *Biul. perygl., Polska* n° 11, p. 29-34.

DRESCH J. (1974) – La tête du glacier de la Moselle. 2^e réun. ann. *Sci. Terre* Pont-à-Mousson, p. 148.

DUBOIS (1938) – Quelques forages dans les vallées haut-rhinoises ou à leur débouché en plaine rhénane. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 5, p. 45-47.

DURAND M. (1978) – Paléocourants et reconstructions paléogéographiques. L'exemple du Buntsandstein des Vosges méridionales (Trias inférieur et moyen continental). *Sciences de la Terre*, t. XXII, n° 4, p. 301-390, Nancy.

DURINGER P. (1988) – Les conglomérats de la bordure du rift cénozoïque rhénan. Dynamique sédimentaire et contrôle climatique. Thèse Sciences univ. Strasbourg.

EDEL J.B., COULON M., HERNOT M.P. (1984) – Mise en évidence par le paléomagnétisme d'une importante rotation antihoraire des Vosges méridionales entre le Viséen terminal et le Westphalien supérieur. *Tectonophysics*, 16, p. 239-257.

ENAY R., MANGOLD C., CARIOU E., CONTINI D., DEBRAND-PASSARD S., DONZE P., GABILLY J., LEFAVRAIS-RAYMOND A., MOU-

- TERDER., THIERRY J. (1980) – Synthèse paléogéographique du Jurassique français. *Docum. lab. Géol. Lyon*, H.S. 5, 210 p., 1 fig., 3 tabl. 42 cartes.
- FAIVRE F. (1968) – Les poissons fossiles de Froidefontaine. D.E.S. univ. Besançon.
- FAIVRE F. (1969) – Les poissons fossiles de Froidefontaine. *Bull. Soc. hist. nat. Pays de Montbéliard*, 1966-1967, p. 74-98., pl. I-III.
- FIRBAS F., GRUNIG G., WAISCHEDEL L., WORSEL G. (1948) – Beiträge zur spät -und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Vogesen. *Bibliotheca Botanica*, Heft 121, 71 p.
- FLUCK P. (1972) – Les gîtes minéraux dans le département du Haut-Rhin. *Sci. Géol., Bull.*, 25, 2-3, p. 137-149, Strasbourg.
- FLUCK P. (1980) – Métamorphisme et magmatisme dans les Vosges moyennes d'Alsace. Contribution à l'histoire de la chaîne varisque. *Sci. Géol., Mém.* 62, 248 p.
- FLUCK P., EDEL J.B., GAGNY C., MONTIGNY R., PIQUÉ A., SCHNEIDER J.L., WHITECHURCH H. (1987) – Le socle vosgien, segment de la chaîne varisque d'Europe, État des connaissances. Propositions d'axes de recherche. *Documents du B.R.G.M.*, n° 146, 136 p., Orléans.
- FLUCK P., WEIL R. (1975) – Géologie des gîtes minéraux des Vosges et des régions limitrophes. Gîtes minéraux de la France, vol. II, *Mém. BRGM*, n° 87, 189 p.
- FÖRSTER B. (1892) – Uebersicht über die Gliederung der Geröll-und Löss Ablagerungen des Sundgaus. *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, Bd. III, H. 2, p 124-132.
- FÖRSTER B. (1892) – Geologischer Führer für die Umgebung von Mühlhausen i. Els. *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, Bd. III, H. 4, p. 109-313, 1 carte géol. et 9 pl.
- FÖRSTER B. (1911) – Ergebnisse der Untersuchung von Bohrproben aus den seit 1904 im gange befindlichen zur Aufsuchung von Steinsalz und Kalisalz ausgeführten Tiefbohrungen im Tertiär des Oberelsass. *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, Bd. VII, H. 4, p. 349-524, pl. I-VII.
- FÖRSTER B. (1913) – Der Versteinerungen aus Tiefbohrungen auf Kali im Oligacänes Oberelsass. *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, Bd. VIII, H. 1, p. 1-49, pl. I-III.
- FOURNIGUET J. (1987) – Géodynamique actuelle dans le Nord et le Nord-Est de la France. *Mém. BRGM* n° 127, 173 p., 9 pl. h.t., Orléans.
- FOURQUIN C. (1966 a) – Données géologiques précisant l'âge des différentes phases de mise en place du Ballon d'Alsace (Vosges méridionales). *C.R. Acad. Sc. Paris*, 262, p. 1509-1512.

FOURQUIN C. (1966 b) – Caractères pétrographiques des tufs viséens du Puits-Gy (Territoire de Belfort). *Bull. Soc. géol. France*, (7), VIII, p. 285-287.

FOURQUIN C. (1969) – Observations sur l'histoire et la stratigraphie antédétées des Vosges méridionales. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 269, sér. D, p. 6-9.

FOURQUIN C. (1973) – Contribution à la connaissance du tectorogène varisque dans les Vosges méridionales. I – Le Culm de la région de Girmagny, *Sci. Géol., Bull.*, 26, 1, p. 3-42, Strasbourg.

FOURQUIN C., GUÉRIN H., THÉOBALD N., THIÉBAUD J. (1972) – Données nouvelles sur l'histoire géologique des Vosges méridionales. *C.R. somm. Soc. géol. France*, fasc. 6, p. 306-308.

FRENZEL B. (1973) – Some remarks on the Pleistocene vegetation. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 23-24, p. 281-292.

FRENZEL B. (1980) – Quelques remarques sur la situation de la stratigraphie du Pléistocène dans la partie méridionale d'Allemagne. In Chaline J. coord. (1980) – Problèmes de Stratigraphie quaternaire en France et dans les pays limitrophes, suppl. au *Bull. AFEQ N.S.*, n° 1, p. 141-147.

GAGNY C. (1957) – Pétrographie et sédimentologie des tufs albitophyriques marins des environs d'Oderen (Vosges méridionales) *C.R. somm. Soc. géol. France*, 16, p. 389.

GAGNY C. (1958) – Essai d'interprétation sédimentologique des ovoïdes dans les assises de grauwackes de la série du Markstein, (Vosges méridionales). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 11, 2, p. 41-44, 2 pl, h.t.

GAGNY C. (1961) – Caractères sédimentologiques et pétrographiques des schistes et grauwackes du Culm dans les Vosges méridionales. *Bull. Ser. Carte géol. Als. Lorr.*, 15, p. 139-160, Strasbourg.

GAGNY C. (1964) – Interprétation des laminites dans une série à turbidites du Culm des Vosges méridionales. *Bull. Soc. géol. France*, (7), 6, p. 43-54.

GAGNY C. (1968) – Pétrogenèse du granite des Crêtes (Vosges méridionales, France). Thèse Sciences univ. Nantes, 546 p.

GALL J.C. (1971) – Faunes et paysages du Grès à Voltzia du Nord des Vosges. Essai paléo-écologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 34, 318 p.

GAUDANT J. (1977) – Objection à la présence de *Dapalis* (= *Smerdis*) *macrurus* (A.G.) (Poisson téléostéen) dans l'Oligocène de Froidefontaine (Territoire de Belfort). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 6, p. 318-319.

GEISSERT F., MÉNILLET F., FARJANEL G. (1976) – Les alluvions rhénanes plioquaternaires dans le département du Bas-Rhin. *Sci. Géol., Bull.* 29, p. 121-170, Strasbourg.

GENDRIN P. (1969) – Le lac de Sewen, problème de barrage. *C.R. Soc. hist. nat. Colmar*, n° 5.

GILLET S., SCHNÉEGANS D. (1935) – Étude de la région fracturée située entre Lauw et Sentheim. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 2, fasc. 3, p. 163-193, 1 pl. h.t., Strasbourg.

GRAFFENAUER J. P. (1806) – Essai d'une minéralogie alsacienne économico-technique des départements du Haut-Rhin et du Bas-Rhin, Strasbourg.

GRIFFAULT L. (1987) – Bilan des transferts de matière (majeurs et terres rares) au cours des altérations hydrothermales des granites. Exemple du granite du Ballon d'Alsace. Thèse univ. Poitiers.

GUÉRIN H. (1966) – Contribution à l'étude du massif granitique des Ballons. D.E.S. univ. Reims, 89 p.

GUÉRIN H. (1967a) – Les faciès de bordure du granite des Ballons d'Alsace et de Servance (Vosges méridionales). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 20, 1, p. 37-58, 1 carte h.t., Strasbourg.

GUÉRIN H. (1967 b) – Les roches filoniennes du massif granitique des Ballons (partie sud-est) – (Vosges méridionales). *Ann. univ. et A.R.E.R.S.*, t. 5, fasc. 3, p. 115-123, Reims.

HATT J.P. (1937) – Contribution à l'analyse pollinique des tourbières du Nord-Est de la France. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 4, p. 1-79, Strasbourg.

HIRLEMANN G. (1972) – Les champs de fractures du département du Haut-Rhin. *Sci. géol., bull.*, 25, 2-3, p. 51-67, Strasbourg.

HOFF M. (1978) – La haute vallée de la Doller ; relations phytoécologiques entre les groupements herbacés et les groupements forestiers. *Bull. Soc. Ind. Mulhouse*, vol. 70, p. 57-66.

HOFF M., HOLFERT D., SCHORTANNER M. (1978) – Contraintes et aptitudes naturelles pour l'aménagement de la vallée de la Doller ; étude phytosociologique. O.E.D.A. et univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 2 cartes et une notice 75 p.

HUBERT A. (1986) – Typologie des stations forestières dans la vallée de Masevaux (Haut-Rhin). Mém. D.E.A., E.N.G.R.E.F., univ. Nancy I, 133 p., 8 p. ann.

HUBERT A. (1988) – Typologie des stations forestières de la vallée de Masevaux (Haut-Rhin). *Actes du 113^e Congr. Nat. Soc. Sav.*, Strasbourg, Avril 1988, à paraître.

ILLIES J.H., GREINER G. (1978) – Rhinegraben and the alpine system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 89, n° 5, p. 770-582.

ILLIES J.H., GREINER G. (1979) – Holocene movements and state of stress in the Rheingraben rift system. *Tectonophysics*, 52, p. 349-359, Amsterdam.

ISSLER E. (1926-1927) – Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante.

– 1^{re} partie : les forêts (fin), documents sociologiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, Nlle sér., XIX, 1925, p. 3-109.

– 2^e partie : les gaudes et les landes, diagnoses phytosociologiques. *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, Nlle sér., XX, 1927, p. 3-62.

ISSLER E. (1937) – Excursion dans les forêts du vallon de Steinbach près Thann (Vosges méridionales). *Bull. Ass. philomat. Als. Lorr.*, t. VII, fasc. 4, p. 376-379.

ISSLER E. (1938) – Recherches sur la présence de plantes calciphiles dans les Vosges cristallines. *Bull. Ass. philomat. Als. Lorr.*, p. 417 ss et 475-493, Strasbourg.

JUNG J. (1928 a) – Contribution à l'étude des Vosges hercyniennes d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 2, 481 p.

JUNG J. (1928 b) – Les indices de pétrole du Sundgau (Haute Alsace). *Ann. Off. nat. combustibles liquides*, 3, p. 165-189.

JUNG J., SCHNEEGANS D. (1930) – Résultats d'un sondage à Guewenheim (Haut-Rhin). *C.R. somm. Soc. géol. France*, IV, 30, p. 38.

JURAIN G. (1962) – Contribution à la connaissance géochimique des familles de l'uranium et du thorium dans les Vosges méridionales. Application de certains résultats en prospection de gisements de l'uranium. *Sciences de la Terre*, Mém. 1, 352 p., 21 pl., 1 carte h.t.

JURAIN G. (1969) – Notes et observations pour servir à la géologie de l'aurole sédimentaire des Vosges méridionales. *Bull. du BRGM*, 2^e sér., sect. 1, n° 1, p. 51-55.

KOECHLINE. (1829) – Aperçu géologique sur les environs de Mulhouse. Travaux de sondages entrepris dans cette ville. *Bull. Soc. ind. Mulhouse*, II, p. 258-276.

KOECHLIN-SCHLUMBERGER J., SCHIMPER W.P. (1862) – Mémoire sur le terrain de transition des Vosges, 348 p., XXX pl., Végétaux fossiles, Strasbourg.

LEBLANC (1838) – Remarques sur l'existence de moraines dans les Vosges. *Bull. Soc. géol. France*, (1), IX, p. 410 (in Réunion extraordinaire de la Société géologique de France à Porrentruy, 5-12 sept. 1838).

LERICHE M. (1927) – Les poissons de la Molasse suisse. *Mém. Soc. pal. Suisse*, p. 46-47.

LIPPOLT H.J., TODT W., HORN P. (1974) — Apparent Potassium Argon ages of lower Tertiary Rhine Graben volcanics. In ILLIES J.H., FUCHS K. (1974) — Approach to taphrogenesis. Proceed. int. Rift Symposium Karlsruhe 1972. Scientif. report n° 8, Schweizerbart éd. Stuttgart, p. 213-221.

LUTZLER J.M. (1981) — Le barrage en terre de Michelbach. Synthèses des études géologiques et géotechniques préliminaires. Quelques aspects du suivi géotechnique pendant la construction. Thèse 3^e cycle univ. Besançon, 179 p., 3 p. ann.

MAĪKOVSKY V. (1941) — Contribution à l'étude paléontologique et stratigraphique du bassin potassique d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, n° 6, 192 p. + 1 p. err., 18 tabl., XIV pl., 1 carte h.t.

MATHEVON G., ROTHÉ J.P. (1968) — Teneur en éléments radioactifs de quelques roches des Vosges. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 267, sér. D, p. 2276-2279.

MATHIEU G. (1948) — Sur la limite entre le Stéphaniens et l'Autunien dans le bassin houiller de Ronchamp (Haute-Saône). *Géol. appl. et prosp. min.*, 1, p. 49-56, Nancy.

MATHIEU G. (1968) — Observations stratigraphiques, sédimentologiques et structurales sur le bassin houiller de Ronchamp-St-Germain-Lomont. *Trav. Inst. Géol. Anthrop. Préhist. Fac. Sc. Poitiers*, T. IX, p. 184-213.

MATTAUER M. (1959) — Découverte d'une faune viséenne près de Rimbach (Vosges méridionales). *C.R. Acad. Sc. Paris*, 248, p. 433-435.

MÉNILLET F. (1979) — Le sundgau occidental et le Piedmont vosgien au Sud de la Lauch. In Vogt H. Quatenaire d'Alsace, excursion AFEQ 1979, 2 p.

MEYER L. (1913) — Les Vosges méridionales à l'époque glaciaire. *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, N.S., 11-12, p. 72-113.

MEYER L. (1920) — Notes géologiques sur le front de la guerre d'Alsace. *Revue d'Alsace*, Janv.-juin 1920, p. 154.

MEYER L. (1926) — Réflexion sur la genèse des alluvions anciennes du Sundgau, après prise en considération spéciale des gisements de Bouxwiller (Haut-Rhin) et de Lauw. *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, nlle sér., t. XIX, p. 134-139.

MEYER L. (1928) — Étude stratigraphique du terrain oligocène de la Haute Alsace et du Territoire de Belfort. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. I, p. 189-191.

MEYER L., HOTZ W. (1928) — Compte rendu des excursions de la Société suisse dans les environs de Bâle et en Alsace. *Eclogae geol. Helvetiae*, 21, 1, p. 110-113.

MONTIGNY R., SCHNEIDER C., ROYER J.Y., THUISAT R. (1983) – K-Ar dating of some plutonic rocks of the Vosges, France. *E.U.G. Strasbourg, Terra Cognita*, 3, 2-3, p. 20.

MONTIGNY R., THUISAT R., COULON M. (1984) – Numerical age of the Visean 3 to the light of K-Ar ages from the southern Vosges magmatism. *Terra Cognita*, IV, 2, p. 224.

MICHEL-LÉVY A. (1910) – Analogie des terrains primaires du Sud des Vosges et de ceux du Morvan. *Bull. Soc. géol. France*, (4), 10, p. 816-828.

MOUILLAC J. (1974) – Géologie du granite des Ballons et de ses minéralisations cuivre molybdène associées (Vosges méridionales). Thèse Sciences univ. Nancy I, 2 t., 201 p.

MOUTERDER., ENAY R., CARIOUE., CONTINID., ELMIS., GABILLY J., MANGOLD C., MATTEIJ., RIOULT J., THIERRY J., TINTANT R. (1971) – Les zones du Jurassique en France. *C.R. somm. Soc. géol. France*, 1971, 2, p. 76-102.

MÜLLER C. (1971) – Nannoplankton-Gemeinschaften aus dem W. deutschen Mittel-Oligozän. *Notizbl. hess. L. Amt. Bodenforsch.*, 99, p. 43-53.

NURY D., TOURAINE F. (1972) – Recherche de Nannoplancton dans l'Oligocène du Sud-Est français. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 274, p. 2863.

OCHSENBEIN G. (1963) – Particularités de la végétation de la vallée de Thann. *Les Vosges, Bulletin du Club vosgien*, t. 47, fasc. 2, p. 13-14.

OCHSENBEIN G. (1966) – La flore du Rossberg. *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, 52^e vol., 1965-1966, p. 7-10.

PAGEL M. (1979) – Particularités géochimiques uranium, thorium dans les complexes subcalins potassiques : exemple du massif des Ballons (Vosges méridionales). *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 289, sér. D, p. 53-56.

PAGEL M. (1981) – Facteurs de distribution et de concentration de l'uranium et du thorium dans quelques granites de la chaîne hercynienne d'Europe. Thèse Sciences C.R.P.G. et C.R.E.G.U., I.N.P.L. Nancy, 566 p.

PAGEL M. (1982) – The mineralogy and geochemistry of uranium, thorium, and the rare earth elements in the two radioactive granites of the Vosges, France. *Mineralogical magazine*, vol. 46, n° 339, p. 149-161.

PAGEL M., LETERRIER J. (1980) – The subalkaline potassic magmatism of the Ballons massif (southern Vosges, France): shoshonitic affinity. *Lithos*, 13, p. 1-10, Oslo.

PAICHELER J.C. (1973) – Les niveaux sédimentaires de la série de Giro-magny, Vosges méridionales : pétrographie, genèse et inventaire faunistique et floristique. *1^{re} RAST*, Paris, p. 327.

PHARISAT A. (1974) – Complément statistique à l'étude de la faune ichthyologique fossile de l'Oligocène de Froidefontaine (Territoire de Belfort). *Bull. Soc. hist. nat. Pays de Montbéliard*, p. 44-46.

PICOT P., RUHLMANN F. (1978) – Présence d'arséniures de cuivre haute température dans le granite des Ballons (Vosges méridionales). *Bull. minér.*, 101, p. 563-569.

POINT R. (1973) – Étude pétrographique et essai de définition génétique de deux épisodes pyroclastiques du Viséen supérieur des Vosges méridionales. *1^{re} RAST*, Paris, p. 347.

POINT R. (1975) – Définition d'un épisode pyroclastique de la base du Viséen supérieur du Culm des Vosges méridionales (région de Thann). *Ann. univ. A.R.E.R.S. Reims*, 13, p. 24-32.

RASTETTER V. (1963) – La tourbière du lac de Sewen (Haut-Rhin). *Bull. Soc. hist. nat. Pays de Montbéliard*, p. 53-60.

REYMOND H. (1975) – Étude géologique et géotechnique de la liaison à grand gabarit Rhin-Rhône, traversée du Sundgau (Haut-Rhin) : tracés nord et sud. Thèse 3^e cycle, univ. Besançon, 120 p., 25 pl., p ref.

RICOUR J. (1962) – Contribution à une révision du Trias français. *Mém. Serv. Carte géol. France*, 471 p.

ROSSIM. (1961) – Sur la présence et la signification possible des assemblages à prehnite-pumpellyite dans les roches magmatiques basiques du Dévonien supérieur et du Viséen des Vosges méridionales haut-saônoises. *Sci. Géol. Bull.*, 31, 2, p. 67-76.

RUHLAND M. (1958) – Allure des plis et plis à axes subverticaux dans les terrains primaires des Vosges méridionales. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 11, 2, p. 45-50, Strasbourg.

RUHLAND M. (1962) – Itinéraire d'excursion géologique dans le Primaire des Vosges méridionales entre les vallées de la Lauch et de la Thur. *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, 50, 1961-1962, p. 7-20.

RUHLAND M. (1966) – Itinéraire d'excursion géologique dans les Vosges hercyniennes entre les vallées de la Thur et de la Doller. *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, 52, p. 16-28.

RUHLAND M. (1969) – Histoire géologique du lac de Sewen (Ht-Rhin). *Bull. Soc. hist. nat. Colmar*, 53^e vol., 1967-1969, p. 3-8.

RUHLAND M., HIRLEMANN G. (1973) – Tectonique du socle vosgien et de la bordure du Fossé rhénan au Tertiaire. *1^{re} Réunion. Sci. de la Terre*, Paris, p. 373.

RUHLAND M., URBAN R. (1967) – Relations entre Culm et granites dans

la haute vallée de la Doller. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 20, I, p. 59-72, Strasbourg.

RUHLMANN F. (1974) — Étude des filons minéralisés de la vallée de la Doller (Vosges méridionales). Thèse 3^e cycle pétrographie univ. Clermont-Ferrand, 130 p.

SAUVAGE H.E. (1870) — Poissons de Froidefontaine. *Bull. Soc. géol. France*, (2), 27, p. 400, pl. IX.

SCHNAEBELE E. (1916) — Die Mineralgänge des oberen Dollertales und ihre Webengesteine (les filons minéralisés de la haute vallée de la Doller et leurs roches encaissantes). *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, IX, 2, p. 159-272. Traduction M. Reliant, BRGM.

SCHULER M. (1983) — Pollens et spores des séries salifères (Éocène/Oligocène) du bassin potassique de Mulhouse (France). Relations entre la microflore et les dépôts évaporitiques. *Sci. Géol. Bull.*, 36, 4, p. 255-265, Strasbourg.

SCHULER M. (1988) — Environnements et paleoclimats paléolènes. Palynologie et biostratigraphie de l'Éocène et de l'Oligocène inférieur dans les fossés rhénan, rhodanien et de Hesse. Thèse Sciences univ. Strasbourg, 383 p., 14 pl. h.t., 80 p. ann.

SCHUMACHER E. (1892) — Über die Gliederung der pliozänen Ablagerungen im Elsass. *Z. Dtsch. geol. Ges.*, p. 828-838.

SERET G. (1966) — Les systèmes glaciaires dans la vallée de la Moselle et leurs enseignements. *Rev. belge de Géogr.*, 90^e ann., fasc. 2-3, 577 p., Bruxelles.

SIFFERLENG G. (1909) — La vallée de Saint-Amarin. Notes historiques et descriptions ; livre VI, 3^e partie : Mollau ; Strasbourg, Leroux éd.

SITTIG C. (1933) — Topographie préglaciaire et topographie glaciaire dans les Vosges du Sud. *Ann. de géogr.*, t. XLII, p. 248-265.

SITTIG C. (1935) — Le prétendu dépôt glaciaire du Hohlenstein près de Lauw. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, p. 195-199.

SITTLER C. (1965) — Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Études sédimentologiques et paléoclimatiques. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 24, 392 p.

SITTLER C. (1969) — Le Fossé rhénan en Alsace, aspect structural et histoire géologique. *Rev. géogr. phys. et géol. dyn.*, vol. 11, n^o 5, p. 465-493.

SITTLER C. (1972) — Le Sundgau, aspect géologique et structural. *Sci. Géol., Bull.*, 25, 2-3, p. 93-118, Strasbourg.

SITTLER C., SONNE V., SCHULER M., DURINGER P., GEISSERT F. (1986) — Le Tertiaire du Fossé rhénan (du Bassin de Mayence au Horst de Mulhouse). Livret guide d'excursion du Groupe d'étude du Paléogène et du Groupe français d'étude du Néogène, 14-18 oct. 1985. 1 brochure, 77 p., univ. L. Pasteur, Strasbourg (Institut de Géologie).

SOUCHIER B. (1971) — Évolution des sols sur roches cristallines à l'étage montagnard (Vosges) *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 33, 131 p.

STOLZ O. (1939) — Zur gechichte des Bergbaus im Elsass in 15 und 16 Jahrhundert. *Els. Lothr. Jahrbuch*, Frankfurt, 28, p. 116-171.

STUSSIJ.M. (1967) — Éléments nouveaux sur le volcanisme du Culm des Vosges méridionales. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 264, p. 2978-2981.

STUSSIJ.M. (1970) — Le volcanisme associé au Culm des Vosges méridionales : tendances évolutives générales et géochimie de l'uranium et du thorium. Thèse Sciences univ. Nancy.

THÉOBALD N. (1934 a) — Contribution à la paléontologie du bassin oligocène du Haut-Rhin et du Territoire de Belfort. Les poissons oligocènes. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 2, 2, p. 117-162, pl. 11-15, Strasbourg.

THÉOBALD N. (1934 b) — Les alluvions du Pliocène supérieur de la région du Sundgau. 36 p., 1 carte et 3 coupes h.t. Bader et Cie éd., Mulhouse.

THÉOBALD N. (1948) — Développement des minerais de fer dans les étages de l'Aalénien et du Bajocien de la vallée du Rhin moyen (Alsace, Bade). *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, n° 8, p. 40.

THÉOBALD N. (1950) — Disposition des alluvions anciennes du rebord des Vosges dans la région de Sentheim (Haut-Rhin). *Bull. Soc. ind. Mulhouse*. 3. p. 5-12.

THÉOBALD N. (1967) — Les sondages profonds de la partie méridionale du Fossé rhénan. Renseignements généraux sur l'évolution du Fossé rhénan. *Ann. Scient. univ. Besançon*, (3), géologie, fasc. 3, p. 3-24.

THÉOBALD N. (1973) — Dépôts glaciaires, fluvioglaciaires et fluviaux de la retombée méridionale des Vosges. *Ann. sci. univ. Besançon, géol.*, 3^e sér., 19, 2, p. 257-266.

THÉOBALD N. (1975) — La ligne de partage des eaux du seuil de Valdieu. *Ann. Scient. univ. Besançon*, 3^e sér., fasc. 3, p. 39-44.

THÉOBALD N., VOGT H., WITTMANN O. (1977) — Néotectonique de la partie méridionale du bloc rhénan. *Bull. du BRGM*, 2^e sér., sect. IV, n° 2, p. 121-140.

THIRRIA E. (1833) — Statistique minéralogique et géologique du département de la Haute-Saône.

TRICART J. (1963) — Aspects et problèmes géomorphologiques du Hohneck. Le Hohneck, livre centenaire de l'*Ass. philomat. Als. Lorr.*, p. 43-62, Strasbourg.

UNGEMACH H. (1909) — Notes cristallographiques sur la fluorine vosgienne. *Bull. Soc. Fr. Minér.*, 32, p. 304-313.

UNGEMACH H. (1936) — Minéraux de l'Alsace. *Bull. Ass. philom. Als. Lorr.* 8, p. 227-245.

VELAIN Ch., MICHEL-LEVY (1911) — Carte géologique de la France à 1/80 000, n° 100 et 101, Lure et Mulhouse, et notices explicatives.

VILLEMINT T., BERGERAT F. (1987) — L'évolution structurale du Fossé rhénan au cours du Cénozoïque : un bilan de la déformation et des effets thermiques de l'extension. *Bull. Soc. géol. France*, (8), t. III, n° 2, p. 245-255.

VOGT C. (1981) — Benthonische Klein-Foraminifera aus dem Unter-Karbon der Südvogesen. *Neues Jahr. Geol. Palaeontol. Deu.*, 6, p. 363-383.

VOGT J., CADIOT B., DELAUNAY J., FAURY G., MASSINON B., MAYER-ROSA D., WEBER C. (1979) — Les tremblements de terre en France. *Mém. B.R.G.M.*, n° 96, 220 p., 1 carte h.t.

VOGT J., WEBER C. (1980) — Carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 et notice. B.R.G.M. Orléans.

VOGT H. (1974) — Einige geomorphologische Probleme des Vogesrandes zwischen Doller und Lauch. *Regio basiliensis*, fasc. XV/1 p. 95-101.

VOGT H. (1979) — Les déformations quaternaires du Piedmont vosgien entre Doller et Thur. In Vogt H. Quaternaire d'Alsace, excursion AFEQ 1979, 2 p., 1 carte.

VOGT H. (coord.) (1978) — Géomorphologie et préhistoire dans la région de Strasbourg. *Recherches géographiques*, n° 7, 180 p.; Strasbourg.

VOGT H. (1980) — Étude géomorphologique du rebord sud occidental du Fossé rhénan. Thèse lettres, univ. Strasbourg 1, 372 p., 65 p. bibliog., fig. h.t.

VOGT H., MÉNILLET F. (1980) — Esquisse lithostratigraphique des alluvions d'origine vosgienne sur le piémont oriental des Vosges. In Chaline J. (1980) — Problèmes de stratigraphie du Quaternaire en France et dans les pays limitrophes. *Suppl. Bull. A.F.E.Q.*, N.S., n° 1, p. 114-118.

VOLTZ L. (1826-1828) — Aperçu des minéraux de deux départements du Rhin. In Aufschlager : nouvelles descriptions de l'Alsace, Strasbourg.

VOLTZ L. (1833) — Carte géologique du département du Haut-Rhin et statistique minéralogique du département du Haut-Rhin, Mulhouse.

VONVELT J. (1955) — La bordure des Vosges entre Sélestat et Rouffach. *Rev. géomorph. dyn.*, p. 7-33.

WEBER J. (1867) — Rapport sur la description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin par MM. J. Delbos et J. Koechlin-Schlumberger. *Bull. Soc. ind. Mulhouse*, XXXVII, p. 404-415.

WEBER J. (s.d.) — La vallée de la Thur, Urbès et Saint-Amarin à travers les âges.

WEIL R., JAROVOY M. (1950) — Catalogue des espèces minérales d'Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 6.

WEILER W. (1953) — Die Verbindung des Mittelloligozänen Rheingrabens mit dem Mittelmeer. *Jahresber. u. Mitteil. oberrhein. geol. Ver.*, N.F., 34, p. 21-29.

WERVEKE L. van (1891) — Bericht über Aufnahmen im Grauwackengebirge des Oberelsass. *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, 3, p. 14-20, Strasbourg.

WERVEKE L. van (1892) — In Berichte der Direktion. *Mitt. geol. Land. Els. Lothr.*, IV, p. CXXXVIII-CXLII.

WERVEKE L. van (1901) — Nachweis einiger bisher nicht bekannter Moränen zwischen Mausmünster und Kirchberg im Dollertal. *Mitt. d. geol. land. Amt v. Els. Loth.*, vol. 3, p. 253-261.

WOILLARD G. (1973) — Mise en évidence de l'Eemien sur le plateau de Haute-Saône. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 276, p. 939-942.

WOILLARD G. (1980) — The pollen record of Grand Pile (NE France) and the climatic chronology through the last interglacial-glacial cycle. In Chaline J. coord. (1980) — Problèmes de Stratigraphie quaternaire en France et dans les pays limitrophes, suppl. au *Bull. AFEQ N.S.*, n° 1, p. 95-103.

Déterminations :

Déterminations de faunes et de microflores quaternaires inédites et effectuées spécialement pour la feuille.

Spores et pollens : Geneviève FARJANEL, ingénieur-géologue au BRGM.

Mollusques : Fritz GEISSERT, Sessenheim (Bas-Rhin).

AUTEURS DE LA NOTICE

La notice a été coordonnée par F. MÉNILLET et rédigée par :

— M. COULON, C. FOURQUIN et J.C. PAICHELER pour les roches pluto-niques et filoniennes, le Dévono-Dinantien, le métamorphisme et le paléomagnétisme ;

– F. MÉNILLET pour les autres rubriques, à l'exception des gîtes minéraux traités par Jean-Marc LOUGNON, ingénieur géologue au BRGM et l'hydrogéologie rédigée par Marc LETTERMANN qui a utilisé des rapports BRGM concernant la région.

Des données inédites nous ont été communiquées par la COGEMA pour le Permien et la SNEAP pour le Secondaire et le Tertiaire du Champ de fractures de Vieux-Thann. Le texte concernant le Secondaire a été revu par Daniel CONTINI, Maître de conférences à l'université de Besançon.

