



# CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE A 1/50 000

## LEMBACH

par

F. MÉNILLET, C. COULOMBEAU, F. GEISSERT, H.-J. KONRAD,

P. SCHOWOERER

## LEMBACH

La carte géologique à 1/50 000  
LEMBACH est recouverte par les coupures suivantes  
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :  
au nord : WISSEMBOURG (N° 38)  
au sud : SAVERNE (N° 54)

|             |          |             |
|-------------|----------|-------------|
|             |          |             |
| Bitche      | LEMBACH  | Wissembourg |
| Walschbronn |          |             |
| Bouxwiller  | Haguenau | Seltz       |



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

NOTICE EXPLICATIVE DE LA FEUILLE  
LEMBACH A 1/50 000

par

François MÉNILLET  
avec la collaboration de  
Claude COULOMBEAU, Fritz GEISSERT, Hans Jürgen KONRAD  
et Pierre SCHWOERER

1989

Editions du BRGM - BP 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX - FRANCE

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

- *pour la carte* : MÉNILLET F., BENECKE E.W., SCHUMACHER E., Van WERVEKE L., LEPPIA A., THÜRACH H., KONRAD H.J., ILLIES H., RINCK G., SCHWOERER P. (1989) - Carte géol. France (1/50 000), feuille LEMBACH (168) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par MÉNILLET F. et coll. (1989), 91 p.

- *pour la notice* : MÉNILLET F., avec la collaboration de C. COULOMBEAU, F. GEISSERT, H. J. KONRAD, P. SCHWOERER (1989) - Notice explicative, Carte géol. France, feuille LEMBACH (168) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 91 p. Carte géologique par MÉNILLET F., BENECKE E.W., SCHUMACHER E., Van WERVEKE L., LEPPIA A., THÜRACH H., KONRAD H.J., ILLIES H., RINCK G., SCHWOERER P. (1989).

© 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.

N°ISBN : 2-7159-1168-8

## SOMMAIRE

|   | <i>Pages</i> |
|---|--------------|
| <b>INTRODUCTION</b>                                     | 5            |
| <b>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</b>                              | 7            |
| <b>DESCRIPTION DES TERRAINS</b>                         | 10           |
| <i>FORMATIONS PRIMAIRES</i>                             | 10           |
| <i>FORMATIONS SECONDAIRES</i>                           | 15           |
| <i>FORMATIONS TERTIAIRES</i>                            | 44           |
| <i>FORMATIONS SUPERFICIELLES, QUATERNAIRE</i>           | 53           |
| <b>PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES</b>                           | 58           |
| <i>TECTONIQUE</i>                                       | 58           |
| <b>OCCUPATION DU SOL</b>                                | 65           |
| <i>SOL ET VÉGÉTATION</i>                                | 65           |
| <i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>                       | 68           |
| <i>DONNÉES GÉOTECHNIQUES</i>                            | 69           |
| <b>RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS</b>          | 70           |
| <b>HYDROGÉOLOGIE</b>                                    | 70           |
| <b>RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES</b>         | 73           |
| <b>Matériaux utiles</b>                                 | 73           |
| <b>Hydrocarbures et matériaux combustibles</b>          | 74           |
| <b>Gîtes métallifères</b>                               | 75           |
| <b>DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE</b>                     | 76           |
| <i>DESCRIPTION DE SITES CLASSIQUES ET D'ITINÉRAIRES</i> | 76           |
| <i>DOCUMENTS CONSULTABLES</i>                           | 81           |
| <i>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>                      | 81           |
| <b>AUTEURS DE LA NOTICE</b>                             | 90           |

## INTRODUCTION

### *SITUATION ADMINISTRATIVE*

La feuille de Lembach est située à cheval sur la frontière entre la France et la République fédérale allemande, Land de Rhénanie-Palatinat (Rheinland-Pfalz). A l'exception des communes de Philippsbourg et de Sturzelbronn, rattachées au département de la Moselle, la partie française appartient essentiellement au département du Bas-Rhin. Elle comprend, en totalité ou en partie, les communes de Birlenbach, Bremmelbach, Cleebourg, Climbach, Dambach, Drachenbronn, Goersdorf, Keffenach, Langensoultzbach, Lampertsloch, Lembach, Lobsann, Mattstall, Memmelshofen, Mitschdorf, Nehwiller-près-Woerth, Neunhoffen, Niederbronn-les-Bains, Niedersteinbach, Oberhoffen-lès-Wissembourg, Obersteinbach, Rott, Windstein, Wingen et Wissembourg (Weiler). La partie allemande comprend les communes de Bobenthal, Bruchweiler Budenthal, Busenberg, Eppenbrunn, Erlenbach, Fischbach, Hirschthal, Ludwigswinkel, Nieder-Schlettenbach, Nothweiler, Rumbach, Schindhard, Schönau, Vorder-Weidenthal.

La partie française est incluse, dans sa quasi totalité, dans le Parc naturel régional des Vosges du Nord.

### *RÉGIONS NATURELLES, RELIEF, PRINCIPAUX ENSEMBLES GÉOLOGIQUES*

Les trois-quarts du territoire couvert par la carte sont situés dans les Basses Vosges et leur prolongement vers le Nord : la Forêt palatine. Le terme de Vosges du Nord est à éviter, car il est souvent employé pour désigner la partie septentrionale des hautes Vosges. L'ancien nom de pays de « Vosgovie » (Wasgenwald) est peu utilisé. Par l'abondance des rochers en forme de lame, fortifiés au Moyen âge, cette partie des Vosges gréseuses mérite le vocable de « Vosges ruiniiformes ». Elle culmine au Grand Wintersberg à 581 m d'altitude. Le relief se présente en buttes et croupes digitées, souvent allongées selon des directions N 25 à N 70° E. La structure géologique des Basses Vosges et de la Forêt palatine est celle d'un monoclinale incliné vers le Nord-Ouest, à pente faible mais supérieure à la pente générale de la surface topographique, permettant l'affleurement successif des différentes assises du Buntsandstein. A proximité de la faille vosgienne qui limite à l'Est ce monoclinale, des terrains permien et, très localement, des rochers de socle (Windstein, Weiler) affleurent au fond des vallées.

Au Sud-Est de la carte, la crête du Hochwald est bien individualisée. Elle correspond à une structure en horst, limitée à l'Est par la faille rhénane, amenant à l'affleurement les grès du Buntsandstein. Barrière montagneuse bordant dans ce secteur la plaine d'Alsace, elle culmine au Luxenkopf à 525 m d'altitude.

Entre les Basses Vosges et le Hochwald, une zone déprimée allongée selon une direction S-SW, le Fossé de Lembach, correspond à une zone d'affleurement de formations du Muschelkalk et du Keuper où la forêt fait

largement place à des prairies et des cultures. Ces formations sont plus ou moins carbonatées.

Au Sud-Est de la carte, la zone basse en contrebas du Hochwald fait partie de la plaine d'Alsace. Elle comprend essentiellement des affleurements de terrains de la série du Tertiaire du Fossé rhénan, d'âge éocène supérieur à oligocène, recouverts vers l'Est par un épais manteau de loess quaternaires.

### *HYDROGRAPHIE*

A l'exception du ruisseau d'Eppenbrunn, tributaire de la Sarre, les rivières s'écoulent vers le Fossé rhénan. La partie nord-est de la feuille appartient au bassin versant de la Lauter ; la partie centrale à celui de la Sauer. Enfin, la partie sud-ouest comprend une grande partie du bassin versant d'une rivière de troisième ordre, le Falkensteinbach qui rejoint plus au Sud la Zinzler du Nord, tributaire de la Moder. Son principal affluent, le Muhlenbach-Schwarzbach draine la vallée de Dambach et du Jaegerthal.

Dans l'ensemble, les directions structurales contrôlent largement le réseau hydrographique dont le sens d'écoulement est en grande partie lié à l'altitude très basse pour la région du cours du Rhin, le Fossé rhénan jouant le rôle de niveau de base local depuis l'Oligocène. Dans les Basses Vosges, les vallées principales ont une orientation WNW-ESE à NW-SE ; les vallées secondaires ont une direction subméridienne à N 60° E. En Palatinat et dans le fossé de Lembach, des vallées principales sont aussi orientées selon ces dernières directions avec des vallées secondaires WNW-ESE à W-E.

Soulignons le cours en baïonnette du Soultzbach, lié au recoupement d'une série de failles de direction N 35 à N 40° E. Enfin dans la plaine d'Alsace les ruisseaux sont orientés sensiblement NW-SE.

### *CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE*

La feuille Lembach étant presque entièrement couverte par des cartes et minutes de la Geologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen (1884-1888), généralement d'excellente qualité pour les terrains secondaires, une première campagne de terrain a eu pour objet d'observer les principaux affleurements pour compléter la connaissance des séries et avoir un avis objectif sur les anciens levés. Dans le fossé de Lembach et dans la plaine d'Alsace, la plupart des nouvelles données se sont trouvées en accord avec la cartographie ancienne. Par contre, dans les Basses Vosges, le Hochwald et l'extrémité nord-est du fossé de Lembach, des différences importantes nous ont conduit à revoir beaucoup plus finement ces secteurs. Les affleurements de Permien découverts par H. Illies (1963) ont été figurés ; la subdivision du Grès vosgien selon le découpage lithostratigraphique établi en Palatinat a permis de préciser la tectonique et la structure de la partie septentrionale des Basses Vosges. La cartographie du Hochwald est également nouvelle et a permis de comprendre la structure du réservoir aquifère de ce « château d'eau » qui alimente un grand nombre de communes de la partie septentrionale de la plaine d'Alsace. Dans l'ensemble, les conditions d'affleurement

sont médiocres et la connaissance des séries est très incomplète. Le contexte régional permet de pallier à ces lacunes, mais cet acquis pourrait être à l'avenir complété par l'étude des nouveaux sondages et des grands travaux de terrassement.

## *HISTOIRE GÉOLOGIQUE*

Fondé essentiellement sur les données de la littérature citées dans la description des terrains et la liste des références bibliographiques, ces notes ont pour objet de donner au lecteur peu familiarisé avec l'histoire géologique régionale des indications sur les différentes paléogéographies qui se sont succédées depuis la formation des plus anciens terrains connus dans la région. L'évolution tectonique locale sera traitée dans la rubrique « Géologie structurale ». Une échelle des temps géologiques figure à l'intérieur de la jaquette qui entoure ce livret explicatif.

## *PALÉOZOÏQUE*

Très réduits, les premiers témoins de l'histoire géologique locale sont les dépôts paléozoïques de Weiler vraisemblablement marins et d'âge dévonien probable, fortement plissés lors de l'orogénèse hercynienne (= orogénèse varisque). Au cours de l'orogénèse, les dépôts sédimentaires ont été injectés de granitoïdes (granodiorite de Windstein). L'érosion de la chaîne hercynienne et des mouvements tectoniques tardifs entraînent la formation de bassins continentaux au Permien. A la fin de la période, la région se trouve au Sud-Ouest du seuil de Spessart où les dépôts d'âge permien ont une épaisseur réduite ou manquent (partie sud-est de la feuille). Dans le bassin se déposent des conglomérats, des sables et des silts argileux rouges provenant principalement de l'érosion des reliefs résiduels de la chaîne hercynienne.

## *TRIAS*

Au Trias inférieur, la géographie de la région lotharingo-alsacienne apparaît complètement changée. La zone couverte par la carte se trouve dans une large cuvette à fond plat, en marge du bassin de l'Europe du Nord-Ouest (bassin germanique *sensu lato*), où des sables fluviaux fins se déposent en alternance avec des matériaux limono-argileux décantés dans des flaques. Ultérieurement indurés, ces dépôts constitueront le Grès d'Annweiler. Au Buntsandstein moyen, les corps gréseux à stratification oblique à entrecroisée du Grès vosgien évoquent une vaste plaine d'épandage où des fleuves originaires du Sud-Ouest (zones de reliefs à l'emplacement du bassin de Paris et du Morvan) étalaient leurs alluvions sableuses, comprenant assez fréquemment des galets, dans des chenaux anastomosés. Les levées fluviales isolaient fréquemment des aires déprimées où se déposaient, par décantation, des sables fins, des silts et des argiles. Au milieu et surtout à la fin de cet épisode, des vents soufflant du Sud-Est remaniaient périodiquement les sables en nappes à stratification horizontale (Couches de Rehberg et surtout Couches de Karlstal). Le climat est plus ou moins aride.

Au Buntsandstein supérieur, les eaux marines qui ont envahi le bassin germanique atteignent la région qui se situe en domaine deltaïque (Grès à *Voltzia*) avant de devenir une vasière littorale où se déposent des boues carbonatées, mêlées à des apports détritiques fins (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 intercalation dans des vases plus ou moins carbonatées. A la fin de cet épisode, la sédimentation carbonatée l'emporte et au Muschelkalk supérieur, le milieu, à salinité marine normale, devient plus agité et favorise le dépôt de calcaires bioclastiques (Calcaires à entroques). Ensuite, cette agitation devient épisodique et au début du Keuper, le milieu s'envase à nouveau.

Au Keuper moyen, la salinité augmente, permettant le dépôt de gypse et d'anhydrite en intercalation avec des argiles silteuses grises, puis elle 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 marins, mais confinés (silts noirs), sauf dans des chenaux où se déposent des sables micacés.

### *JURASSIQUE*

En milieu marin épicontinental, la région reste stable au Lias. La grande transgression éojurassique ne modifie pas la dominante silteuse dans la sédimentation, mais apporte une phase carbonatée non magnésienne, épisodiquement prédominante (Calcaires à gryphées). Les dépôts postérieurs au Lias n'ont pas été conservés, mais le contexte régional permet de connaître les grandes lignes de l'évolution paléogéographique au Dogger et au Malm. 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. La région a vraisemblablement émergé à la fin du Jurassique (Portlandien).

### *CRÉTACE 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 les limites atteintes par les grandes transgressions crétacées en bordure de ce domaine, cette absence de dépôts est généralement expliquée par une émerision. 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 tronqué de la série jurassique a subi des phénomènes d'altération : karstification, kaolinisation et formation de pisolithes ferrugineux (sidérolithique).



*PALÉOGÈNE, NÉOGÈNE ET QUATERNAIRE :  
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 ; H.- J. Lippolt *et al*, 1974). Les premiers dépôts 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. Le climat est tropical chaud, plus ou moins humide. 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.

Au Priabonien, le Fossé rhénan proprement dit, limité par les failles rhénanes de direction SW-NE dans le domaine concerné, s'individualise. La subsidence tectonique dans ce fossé provoque le dépôt d'une série sédimentaire originale et épaisse, tandis que sur les bordures de la structure s'édifient des cônes de déjection au pied des horsts des Vosges et de la Forêt Noire, en cours de surrection. Dans le fossé le fond de la sédimentation est silto-argileux, marneux ou dolomitique, avec des intercalations de sables, de grès et surtout de couches évaporitiques (gypse et anhydrite) indicatives de périodes arides. Pendant le dépôt des Couches de Pechelbronn (Priabonien à Stampien inférieur), le milieu est souvent réducteur et permet la concentration de matières organiques qui se transformeront par évolution diagenétique en pétrole et asphalte.

Au cours du Stampien, la mer venue du Nord envahit le 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. Ces derniers dépôts ont été tronqués par l'érosion et nous ignorons si les formations d'âge chatien et aquitanien, de milieu lacustre à saumâtre dessalé, connus plus au Nord et à l'Est se sont déposés dans cette partie assez marginale du fossé. Après l'Aquitanien, la région a été vraisemblablement exondée et a subi d'importants phénomènes d'érosion.

Au Pliocène, la subsidence reprend en Basse Alsace et permet le dépôt de sables fluviaux, de bois flottés et d'argiles de décantation. La limite orientale de la carte semble se situer à proximité de la bordure occidentale de ces dépôts. Les matériaux proviennent principalement de la désagrégation des grès du Buntsandstein et des arènes des hautes Vosges et de la Forêt-Noire dont le lent mouvement de surrection se poursuit jusqu'au Quaternaire. Durant cette période, le climat, encore chaud (= zone subtropicale à méditerranéenne), mais humide, favorise les phénomènes d'altération. En fin de période, le climat se rafraîchit (première glaciation dans les hautes latitudes boréales et dans les Alpes) et au début du Quaternaire, la plaine d'Alsace est drainée vers la mer du Nord. Pendant les phases froides du Quaternaire, les

phénomènes de gélifraction, de gélifluxion et de cryoturbation sont très actifs sur les versants, tandis que le réseau hydrographique s'enfonce dans le paysage. Dans le fossé rhénan, des poussières se déposent lors d'épisodes froids et secs, constituant les loëss. Si la succession de ces nombreuses phases froides «glaciaires» et des phases tempérées «interglaciaires» est encore mal connue dans le détail, l'évolution du climat et de la végétation dans les dix derniers millénaires (Postglaciaire ou Holocène) nous est révélée par l'étude des pollens des tourbières (voir la rubrique Tz).

## DESCRIPTION DES TERRAINS

### FORMATIONS PRIMAIRES

#### Dévonien probable

d. **Schistes, grauwackes et volcanites de Weiler.** Les formations anciennement connues sous le nom de « grauwackes de Weiler » correspondent en réalité à un ensemble volcano-sédimentaire de tempérament spilitique. Elles comprennent des laves à augite sans texture fluidale marquée, à mésostase entièrement recristallisée et des tufs. Roches tenaces, de teinte vert foncé, les laves présentent parfois des phénocristaux de très grande taille, jusqu'à 1 cm (C. Wurtz, inédit).

Au Nord de Weiler, les roches sédimentaires détritiques : grauwackes et siltites prédominent (carrière de la Chapelle) ; dans le village, les termes volcaniques, tufs et laves, forment de nombreuses intercalations d'ordre métrique. Au sud de la Lauter, des faciès volcaniques, de teinte rose à grise, d'apparence massive, sont plus acides.

Les siltites forment des bancs massifs de quelques décimètres à quelques mètres d'épaisseur, sans schistosité apparente. Leur teinte est sombre, gris bleuté, gris verdâtre ou noirâtre. Elles sont principalement constituées de grains de quartz et de feldspaths. De petites biotites blastiques assez altérées correspondent probablement à un métamorphisme régional épizonal. Selon les dernières études des anomalies magnétiques (J.B. Edel *et al*, 1982), le granité le plus proche se situerait, en profondeur, à une distance de l'ordre de 3 km vers l'Ouest.

Les grauwackes sont constituées de grains de quartz et de feldspath peu arrondis, en partie anguleux. Elles contiennent des agglomérats de paillettes de biotite, de la chlorite décolorée, des zircons, de l'apatite et des oxydes de fer. Elles se présentent en bancs d'ordre décimétrique à métrique.

Dans les schistes de Weiler, A. Daubrée (1852) a attribué des formes d'aspect organique à des *Cyatophyllum* et H. Genser (1965) y a découvert un moule de tétracoralliaire et des articles de crinoïdes, insuffisants pour dater la formation. Selon H. Illies (1963), ces schistes et grauwackes seraient, en comparaison avec les fenêtres de socle les plus proches (Palatinat), plus jeunes que les gneiss d'Albersweiler et plus anciens que le Culm d'Hambach-Neustadt, d'âge tournaisien (K. Münzing, 1956).

En plus des passées volcaniques, la formation de Weiler est recoupée par de nombreux filons de lamprophyres, minettes et kersantites, et quelques venues de microgranite.

—**Filons de minette.** Disposés selon la stratification ou la recoupant, les filons de minette sont assez nombreux. G. Linck (1884) les a minutieusement décrits. Ce sont des roches brun-rose violacé, brun sale à l'altération, très riches en mica brun foncé (biotite) en petites paillettes dont la taille est généralement inférieure à 1 cm. En inclusion, ils renferment de la magnétite, de l'apatite, de l'hématite, de l'épidote et de rares augites. Cette dernière se présente aussi en phénocristaux, généralement altérés et remplacés par de la chlorite, du quartz et des carbonates. Les feldspaths forment principalement la matrice. Un peu de quartz primaire apparaît en plages interstitielles entre les feldspaths. Les minettes à texture sphéroïdale sont assez fréquentes.

—**Filons de kersantite.** G. Linck (1884) a décrit quelques filons de kersantites porphyriques, à phénocristaux de plagioclases, mica et augite.

—**Poches d'argiles à fragments de Schistes de Weiler.** Deux grandes poches, en forme de coin, recoupent à l'emporte-pièce les Schistes de Weiler. Profondes d'une dizaine de mètres, elles sont remplies par une argile rouge à fragments de schistes et grauwackes. En l'absence d'éléments de grès permien ou triasiques, ce remplissage semble être antérieur au dépôt de la couverture permo-triasique.

### Carbonifère probable

<sup>73</sup>. **Granite de Windstein : granite à amphibole.** Dans la vallée du Schwarzbach, entre Wineckerthal et Silberflussel, une granodiorite affleure sous forme de chicots rocheux, blocs et arène granitique. C'est une roche à grain moyen (3 à 5 mm), parfois assez grossier, de teinte rose mouchetée de noir. Elle a été étudiée par J. Bassahak (1985), J. Bassahak et C. Gagny (1987) et P. Chèvremont (inédit). Constituée de plagioclases blancs très abondants (jusqu'à 50 % du volume de la roche) et de feldspaths potassiques roses (10 % environ), le fond feldspathique est largement prédominant. Subautomorphes à automorphes, les plagioclases sont acides (An 20 à An 30) et zonés. Perthitique, le feldspath potassique englobe partiellement ou totalement des cristaux de plagioclase (texture monzonitique) ; ils sont pigmentés par d'innombrables granules d'oxydes de fer. Le quartz est xénomorphe et interstitiel. Magnésienne et titanifère, la biotite est fortement pléochroïque, brun jaunâtre à brun foncé. Elle occupe environ 7 % du volume de la roche. Presqu'aussi abondante, l'amphibole est une hornblende magnésienne ; elle est souvent altérée en chlorite, carbonates et oxydes. Les principaux minéraux accessoires sont le sphène, l'apatite, le zircon, la magnétite et l'hématite.

Le tableau suivant (J. Bassahak, 1985) donne l'analyse modale volumique de trois échantillons, déterminée au compteur de points :

| Ech. | Quartz | Feldspath K | plagioclase | Biotite | Amphibole | Min. ace. | Opaques |
|------|--------|-------------|-------------|---------|-----------|-----------|---------|
| W1   | 21,6   | 12,2        | 50,8        | 8,1     | 6,0       | 0,40      | 0,70    |
| W5   | 17,5   | 8,5         | 57,1        | 7,3     | 7,5       | 0,55      | 1,45    |
| W6   | 22,2   | 8,7         | 55,0        | 7,5     | 5,6       | 0,70      | 1,00    |

La composition chimique de la roche est donnée par le tableau ci-dessous (*in* J. Bassahak, 1985 ; J. Bassahak et C. Gagny, 1987).

| Ech. | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO  | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | PF   | TOTAL |
|------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|------------------|------|-------|
| W1   | 65,41            | 15,97                          | 1,37                           | 2,43 | 0,05 | 2,37 | 3,44 | 4,18              | 2,72             | 0,51             | 1,38 | 99,74 |
| W5   | 64,57            | 15,98                          | 1,97                           | 2,19 | 0,07 | 2,43 | 3,95 | 4,43              | 2,37             | 0,06             | 1,24 | 99,27 |
| W6   | 67,28            | 15,43                          | 1,50                           | 1,79 | 0,05 | 1,98 | 2,85 | 4,11              | 3,04             | 0,49             | 1,30 | 99,36 |

La granodiorite de Windstein appartient à l'association calco- alcaline, comme le confirme la composition chimique des biotites (voir le tableau suivant).

La composition chimique de biotites de trois échantillons de la granodiorite de Windstein (*In* J. Bassahak 1985) est donnée par le tableau suivant :

| Ech. | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO  | MgO   | CaO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | TiO <sub>2</sub> | TOTAL |
|------|------------------|--------------------------------|-------|------|-------|------|-------------------|------------------|------------------|-------|
| W1   | 36,13            | 15,97                          | 17,52 | 0,12 | 15,42 | 0,02 | 0,00              | 9,79             | 3,46             | 98,44 |
| W5   | 37,11            | 15,05                          | 16,83 | 0,18 | 15,80 | 0,15 | 0,00              | 9,40             | 2,83             | 97,41 |
| W6   | 37,07            | 15,24                          | 17,16 | 0,18 | 16,23 | 0,00 | 0,00              | 9,64             | 2,94             | 98,46 |

**Age** — Par la méthode Potassium/Argon, des datations radiométriques ont été effectuées sur des minéraux du granite de Windstein (R. Montigny inédit *in* P. Fluck *et al*, 1987) : - 339 ± 11 Ma, pour les amphiboles et - 342 ± 10 Ma pour les biotites. Soit un âge viséen.

La granodiorite de Windstein renferme des enclaves sombres à grain fin et texture microgrenue porphyrique, riches en biotite et amphibole ; elle est recoupée par de menus filons d'aplite, de pegmatite et de quartz de quelques centimètres de largeur (1 à 60 cm). D'une longueur de 1 à 3 cm, les enclaves sont orientées parallèlement à la fluidalité planaire (N 35 E, généralement inclinée vers le SE) qui serait due à la mise en place du magma (J. Bassahak, 1985 ; J. Bassahak et C. Gagny, 1987).

En dehors du Jaegerthal, des granitoïdes ont été rencontrés à Lembach, dans la vallée du Steinbach, à proximité de la faille vosgienne (sondage minier KZ 3,7-4011) et à Marienbronn (sondage 7-71). La roche de la vallée du Steinbach est un granité à biotite et grain moyen ; elle a été atteinte à une profondeur de —206 m, sur le compartiment élevé de la faille vosgienne après traversée de celle-ci.

## Permien

**r. Saxonien : argiles silteuses rouges, grès et conglomérats rouges, parfois dolomitiques.** Des formations permienues affleurent dans la vallée de la Sauer en amont de Lembach, entre le camping du Fleckenstein et la frontière ; aux abords de la ferme du Froensbourg ; à Niedersteinbach ; à Weiler dans la vallée de la Lauter ainsi qu'à Windstein, dans celle du Rothenbach. Constituée essentiellement de formations grésos-conglomératiques et argileuses, la série permienne affleurante a une épaisseur très variable. Près de Froensbourg, les sondages miniers du Katzenthal ont montré qu'elle dépassait 110m ; à Weiler, elle varie de 12 à plus de 60m. Plus au Sud-Ouest, à Windstein, elle ne dépasse pas 15 m et au Sud de cette localité, en rive droite du Rothenbach, les indices de Permien sont très tenus. La région se situait à

cette époque sur le seuil du Spessart où la série permienne a une épaisseur très réduite ou manque entièrement.

Dans les sondages du Katzenthal (7-4011 : KZ1, KZ2 et KZ3), la série permienne dont la base n'a pas été atteinte, comprend 4 ensembles lithologiques (C. Coulombeau, 1981, complété par F. Ménéillet).

— **Ensemble 1** — *La*, partie la plus profonde du sondage KZ2 a traversé 21 m de siltites rouges et de grès fins. Elle débute par 12 m de siltites massives, à délits micacés. Ces siltites sont surmontées par 4 m de grès fins à structure madrée fine et renfermant des passées microconglomératiques. Vers le haut, cette structure s'estompe et on retrouve des siltites identiques à celles de la base. Par ses lithofaciès, cet ensemble rappelle les Couches de Frapelle du bassin permien de Saint-Dié.

— **Ensemble 2** — Les siltites sont recouvertes par des conglomérats rougeâtres à éléments anguleux à subanguleux de quartz, de roches granitiques, de roches volcaniques acides et basiques, d'une épaisseur égale ou supérieure à 55 m. Bien cimentés dans leur partie inférieure et moyenne, ces conglomérats sont plus argileux et moins cohérents dans leur partie supérieure. Riches en éléments de 2 à 5 mm de longueur, ils rappellent les conglomérats permien de la région.

— **Ensemble 3** — Les conglomérats sont recouverts par une succession de 25 m de grès, plus ou moins argileux, à degré de cimentation variable, de teinte rouge brique, rose, violacée, plus rarement grisâtre. Ces grès renferment des passées conglomératiques. A 6,50 m du toit de cet ensemble, le sondage KZ1 a traversé une passée dolomitique de 10 cm d'épaisseur.

— **Ensemble 4** — La série permienne du Katzenthal se termine par 10 m de grès rouge brique. Assez fins et homogènes, ces grès annoncent le Grès d'Annweiler, mais en différent par la présence de passées à petits galets de quartz subanguleux à subarrondis de 2 à 5 mm de longueur.

Dans la vallée de la Sauer, au Froensbourg et à Niedersteinbach, seuls les deux ensembles supérieurs affleurent. Les grès ont un mode assez net, compris entre 0,2 et 0,4 mm. Souvent monocristallins, les grains de quartz sont anguleux à subanguleux. Ils sont généralement enduits d'une pellicule ferro-argileuse. Certains sont nourris et on observe localement des ébauches d'assemblages quartzitiques. Les feldspaths et la muscovite sont peu abondants. Les galets sont constitués de quartz et de quartzite. Dans certains niveaux, leur forme est aplatie. La teneur en fines des grès (silts et argiles) est très variable (2 à 30 %), les niveaux les plus argileux étant peu indurés. La stratification est généralement peu apparente, les grès présentant souvent un débit rognoneux très irrégulier sauf au sommet de la série où des bancs de grès lenticulaires sont bien individualisés. La couleur est rouge assez foncé, tendant vers des teintes sombres, noirâtres quand la roche est chargée en oxydes de fer et de manganèse, irrégulièrement répartis.

A Niedersteinbach, des passées dolomitiques, correspondant probablement au niveau dolomitique du sondage KZ1, se situent 5 m environ sous le toit de la série permienne. Bien qu'azoïques, elles ont été, comme les niveaux dolomitiques signalés ci-dessous rattachés au Zechstein (F. Forsche, 1935 ; H. Illies, 1963).

A Weiler, le Permien est gréseux à conglomératique. Au Sud de la Lauter et au toit des Schistes de Weiler, H. Illies (1963) a observé un banc dolomitique de 1,5 m d'épaisseur, à stratification entrecroisée, contenant des fragments granitiques frais, à arêtes émoussées. Ailleurs, il a remarqué des galets de mélaphyres et de porphyres quartziques reposant sur cette même formation. Dans le sondage 8-40,59 m de conglomérats à passées gréseuses, plus ou moins argileuses, reposent sur une argile rouge sombre à trainées blanchâtres recoupée sur 1 m à la base de l'ouvrage. Dans les conglomérats, on observe des éléments de socle, anguleux à subarrondis, dont certains ont une origine locale : gneiss, granité à biotite, lamprophyres, rhyolites, schistes et grauwackes.

A Windstein, deux coupes, proches de 1500 m, montrent que la lithologie du Permien varie assez rapidement d'un point à un autre.

- A mi-distance entre l'église et le Schwarzbach, la granodiorite de Windstein arénisée est recouverte, de haut en bas, par :

- au moins 3,5 m de sable argileux à graveleux rouge à noir, plus ou moins cohérent, à grains subanguleux à subarrondis ;

- 2 m environ de grès fins argileux rouges, à grains subanguleux ;

- 0,15 à 0,25 m de grès rouge noirâtre, à grain moyen, subanguleux ;

- 0,30 m de conglomérat à éléments de quartz et de quartzite, avec des paquets d'arène granitique remaniés.

- A l'entrée du Wineckerthal, l'arène granitique est recouverte par 2 à 3 m de sable très argileux, violacé à feuilletés blanchâtres à blanc verdâtre, à rognons de grès à ciment phylliteux panachés violet et vert clair. A la base, on observe une mince lentille de siltite vert clair. Des éléments de rhyolite rouge foncé, d'un faciès fréquent dans le Permien de la région, reposent, épars dans la formation de gélifluxion sus-jacente. Le contact granite-couverture est incliné de 10 à 15° vers le Nord.

Dans cette même localité, F. Forche (1935) et H. Illies (1963) ont observé un banc de dolomie spathique. En rive gauche du Schwarzbach, 50 m au-dessus du hameau du Martinet, un géologue amateur, Henri Hoff de Morsbronn, a découvert dans les racines d'un arbre basculé des fragments d'une roche volcanique, englobés dans une formation de gélifluxion et provenant probablement d'un filon masqué d'âge permien possible. De teinte brun-rose violacé à phénocristaux de feldspath verdâtres entièrement séricitisés, cette roche présente un fond microlitique à biotites rétro-morphosées en chlorite et opaques en grains. Elle renferme un peu de quartz et son chimisme est probablement rhyodacitique.

En l'absence de fossiles, des niveaux repères du Zechstein et de la grande coulée de Mélaphyre ro 1 du Palatinat, il est difficile d'établir des corrélations précises avec la série type du Sud-Est du Palatinat (H. Hentschel, 1963). D'après le contexte régional et la lithologie, les couches observées se rapportent plutôt au Saxonien.

## FORMATIONS SECONDAIRES

### Trias

Sur la feuille, comme dans tout le Nord-Est de la France et le Sud-Ouest de l'Allemagne, les dépôts triasiques sont de type germanique. Le Trias germanique est caractérisé par la succession de trois ensembles lithologiques : le Buntsandstein, gréseux ; le Muschelkalk, riche en carbonates et le Keuper, argileux avec des intercalations d'évaporites. De façon classique, on se réfère localement à la succession type du Nord-Est de la Lorraine (J. Ricour, 1954).

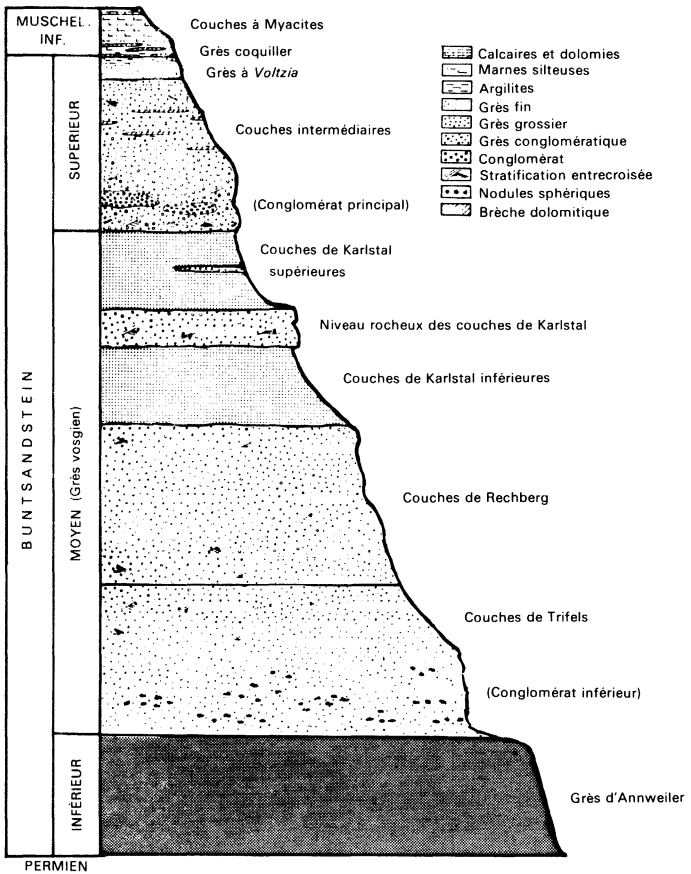
#### La série gréseuse du Buntsandstein

Constituée essentiellement de grès de teinte rose à rouge (« grès rose des Vosges »), la série gréseuse du Buntsandstein forme les 7/8<sup>e</sup> de la surface affleurante de la feuille : Basses Vosges, Forêt palatine, bordures du fossé de Lembach et Hochwald. Son épaisseur est importante, 500 m environ, la région se situant dans l'axe du bassin qui s'étendait de la Lorraine au Sud-Ouest de l'Allemagne et s'ouvrait par la Hesse vers le bassin germanique proprement dit. Dans les Basses Vosges, la série du Buntsandstein est classiquement subdivisée en quatre principales formations (fig. 1) ; de haut en bas (épaisseurs sur la feuille) :

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| — Grès à <i>Voltzia</i>  | 15 m  |
| — Couches intermédiaires | 60 m  |
| — Grès vosgien           | 350 m |
| — Grès d'Annweiler       | 75 m  |

D'un point de vue stratigraphique, la série étant, à l'exception du Grès à *Voltzia*, presque entièrement azoïque et les méthodes de datation physiques s'appliquant mal à ce type de dépôt, les attributions sont encore très hypothétiques (J.C. Gall *et al.*, 1977). Le tableau I figure les équivalences actuellement proposées avec le centre du bassin germanique, principalement fondées sur le suivi latéral des formations et des discordances, ainsi que la position probable des formations par rapport à l'échelle stratigraphique alpine. Par souci d'homogénéité avec les feuilles voisines et la feuille Lembach terminant une génération de cartes à 1/50 000 en Alsace, les subdivisions classiques ont été conservées.

D'un point de vue paléogéographique, la région se situait au centre de la digitation sud-ouest du bassin d'Europe moyenne (bassin germanique *sensu lato*). Cette digitation était une vaste et basse plaine d'épandage où des fleuves originaires du Sud-Ouest (zone de reliefs à l'emplacement du bassin de Paris) étaiaient dans des chenaux anastomosés leurs alluvions sableuses et parfois graveleuses. Les eaux de crues déposaient par décantation, des sables fins, des limons et des argiles dans les plaques délimitées par les barres fluviales (J.C. Gall, 1972). Localement, des vents forts soufflant du Sud-Est remaniaient les sables en nappes, constituant même des champs de dunes en Palatinat (W. Dachroth, 1985 b et B. Mader, 1985). Transgressant depuis le Nord-Est, la mer atteint la région au sommet de la série, lors du dépôt du Grès de *Voltzia*.



**Fig. 1 - La série gréseuse du Buntsandstein de la région de Lembach d'après H.-J. Konrad (1979), complété**



**Tableau I – Lithostratigraphie du Buntsandsein des Vosges et du Palatinat  
et équivalences actuellement proposées avec le centre du bassin germanique**

| <b>FACIÈS VOSGIENS<br/>ET<br/>NOMENCLATURE CLASSIQUE<br/>(Perriaux, 1961 modifié à la base<br/>par Hollinger 1979 et Konrad, 1971)</b> |                    |   |  | <b>FACIÈS PALATINS ET ÉQUIVALENCES<br/>AVEC LE CENTRE DU BASSIN GERMANIQUE<br/>(Backhaus, 1974, Richter-Bernburg, 1974)</b> |                         |  | <b>STRATIGRAPHIE<br/>ALPINE</b>                    |  |
|--|--------------------|---|--|---|-------------------------|--|--|--|
| <b>B<br/>U<br/>N<br/>T<br/>S<br/>A<br/>N<br/>D<br/>S<br/>T<br/>E<br/>I<br/>N</b>   | <b>SUPÉRIEUR</b>   | Grès à Voltzia<br>----- Limite hétérochrone -----<br>Couches intermédiaires |  | Röt - Folge   | <b>SUPÉRIEUR</b>        | <b>ANISIEN<br/>INFÉRIEUR</b>   |  |  |
|  |                    | Zone limite violette  | Absente à l'Est                                | ~ discordance H   |                         | <b>B<br/>U<br/>N<br/>T<br/>S<br/>A<br/>N<br/>D<br/>S<br/>T<br/>E<br/>I<br/>N</b> | <b>S<br/>C<br/>Y<br/>T<br/>H<br/>I<br/>E<br/>N</b> |  |
|  | <b>MOYEN</b>       | Conglomérat principal   | Conglomérat principal zone rocheuse supérieure | Solling - Folge   | <b>SUPÉRIEUR</b>        |  |  |  |
|  |                    | Grès Vosgien  | Couches de Karlstal                            | Hardeggen - Folge<br>Detfurth - Folge<br>Volpriehausen - Folge  | <b>MOYEN</b>            |  |  |  |
|  |                    |   | Couches de Rehberg                             | Salmünster - Folge  |                         |  |  |  |
|  | Couches de Trifels | Gelnhausen - Folge  | <b>INFÉRIEUR</b>                               |   |                         |  |  |  |
|  | <b>INFÉRIEUR</b>   | Couches de Sénones  |  | Grès d'Annweiler  | Bröckelschiefer - Folge | <b>INFÉRIEUR</b>   |  |  |

### ***Buntsandstein inférieur***

**t1a. Grès d'Annweiler** : grès rouges fins et silts argileux rouges et blancs à passées micacées. Le Grès d'Annweiler affleure largement au Nord-Ouest de la faille vosgienne et de son prolongement vers la Forêt palatine, formant la partie basse des versants et des replats en contre-bas du Grès vosgien. Il peut être également observé au Nord du horst du Hochwald, à Weiler et à Rott. C'est un grès assez homogène et un peu argileux, à grain fin, de teinte rose, brun-rouge sombre ou rouge brique assez caractéristique. Il se présente en bancs massifs, épais de 0,5 à 3 m, à stratification horizontale ou faiblement inclinée, délimités par des diasthèmes, de minces intercalations de grès tendres à débit en plaquettes ou de silts argileux rouges, brun-rouge, brun chocolat ou blanc verdâtre. Lenticulaires, ces intercalations contiennent fréquemment des galets d'argile ou des paillettes de muscovite. De teinte brun-rouge, brun chocolat ou blanc verdâtre, ces galets proviennent du remaniement de passées argileuses ; leur longueur peut atteindre le centimètre. Certains bancs, fréquemment de couleur blanchâtre, présentent des taches noires poreuses ou rouilles, correspondant à des enduits d'oxydes de manganèse ou de fer, généralement de petite taille (quelques millimètres de diamètre). Les taches noires sont généralement interprétées comme les restes de petits nodules carbonatés. Certaines d'entre elles contiennent encore des traces de dolomie ou plus rarement de calcite.

Sur la partie française de la carte comme en Palatinat, leur épaisseur est assez constante : 70 à 80 m. Elle a pu être mesurée directement dans les sondages miniers du Katzenthal, près du confluent du Steinbach et de la Sauer : 75 m dans le sondage KZ1 et 79 m dans le sondage KZ2 (7-4011).

En Palatinat où se trouve la localité éponyme, la base du Grès d'Annweiler est marquée par l'apparition de bancs de grès fins épais et homogènes au-dessus d'une alternance de minces bancs de grès et d'argile qui recouvrent la dolomie marine du Zechstein. Dans la partie française où la dolomie du Zechstein n'a pas été reconnue avec certitude, la limite est moins tranchée, mais se marque bien en sondage, le sommet de la série permienne renfermant encore des passées grossières à graviers et galets, des intercalations silto-argileuses importantes et les bancs de grès étant dans l'ensemble, moins épais et plus lenticulaires. Rare dans les assises du Permien, la muscovite est plus fréquente dans le Grès d'Annweiler. Selon H. Illies (1963), le toit du Permien est formé par 1 à 2 m d'argiles schisteuses, finement litées, à éclat gras, rouge-violet, parfois gris verdâtre. Ce niveau argileux est cependant discontinu.

Le toit du Grès d'Annweiler est parfois souligné par un banc silto-argileux tendre brun-rouge à brun chocolat, mais ce niveau est discontinu et souvent peu épais ; 2,80m dans le sondage 8-19 ; absent dans le sondage 8-20 et réduit à 10 cm dans le sondage KZ1. Ailleurs le toit de la formation est marqué par un changement brutal de la granulométrie : arrivée de matériaux grossiers, sables cimentés ou non en grès et conglomérats. A Philippsbourg, Leitzenthal, le sommet de la formation est constitué par un sable argileux durci, visible sur 1,20 m, recouvert par 0,20 m de sable blanc verdâtre très fin et un peu argileux.

Selon J. Perriaux (1961), le Grès d'Annweiler est une arkose fine, constituée de quartz (55 à 80 %), de feldspaths potassiques (15 à 45 %) et d'un peu de muscovite (0 à 8 %) et dans certains bancs de nodules de dolomie. Les grains de quartz sont peu usés, mais comprennent des éléments plus arrondis que dans les grès permien. Le mode granulométrique est voisin de 0,2 mm ; la fraction fine (> 50 µm) constitue 4 à 8 % de la roche qui est dépourvue d'éléments grossiers.

Le grès d'Annweiler est classiquement rattaché à la base du Trias et mis en corrélation avec la série des Bröckelschiefer du Buntsandstein du bassin germanique (A. Hermann, 1962 et G. Richter-Bernburg, 1974). Cette datation est cependant hypothétique car la formation est quasiment azoïque et n'a guère fourni que des traces de terriers simples, verticaux et horizontaux, larges de plusieurs millimètres, en particulier dans la carrière de Niedersteinbach (J.C. Gall, 1972). Des taches de décoloration à section circulaire et structure axiale, correspondent probablement à des zones de réduction autour de racines. Par ses caractères sédimentologiques, il peut être interprété comme le remplissage d'une large cuvette à fond plat (playa) par des fleuves étalant largement des alluvions sableuses fines, des matériaux plus fins silto-argileux se décantant dans des bas-fonds inondés (J.C. Gall, 1972 et 1985).

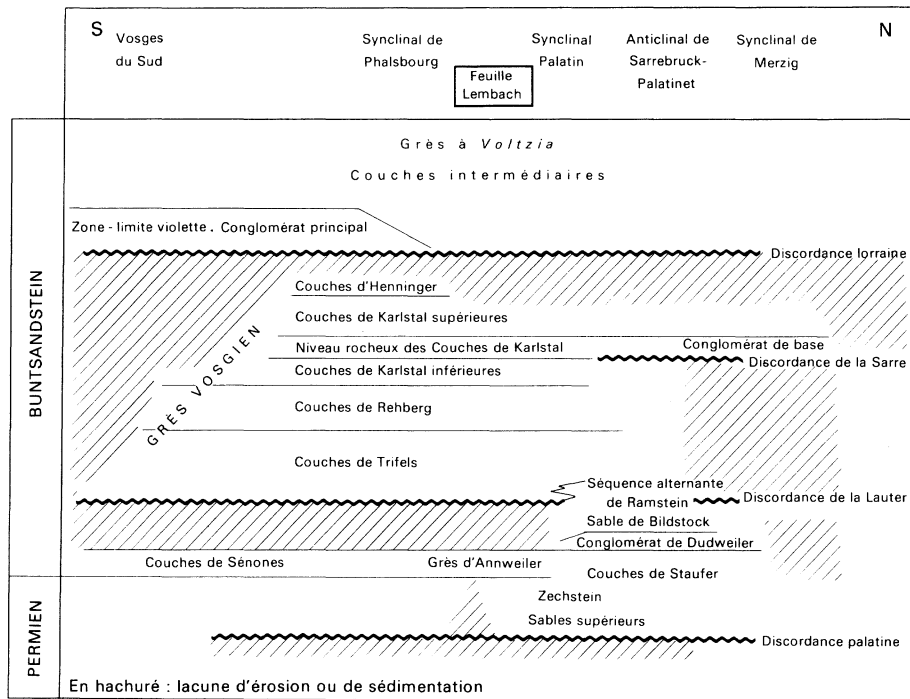
### ***Buntsandstein moyen***

En Palatinat, A. Leppla (1888) et H. Thürach (1894) ont subdivisé l'ensemble équivalent au Grès vosgien en trois formations ; de haut en bas (épaisseurs au Sud du Palatinat) :

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| — Couches de Karlstal | 110 à 140 m |
| — Couches de Rehberg  | 100 à 110 m |
| — Couches de Trifels  | 80 à 110 m  |

Ces couches se suivent aisément vers le Sud, dans les Basses Vosges, jusqu'au Grand Wintersberg, en particulier grâce à un niveau de rochers ruini-formes, dans chacune des formations inférieures et une petite corniche au milieu des Couches de Karlstal (fig. 1). Plus au Sud, dans les petits panneaux du fossé de Lembach et dans le Hockwald, ces éléments morphologiques sont moins constants et les coupes sont trop peu nombreuses pour suivre de manière satisfaisante les limites entre ces trois formations. Selon W. Dachroth (1985 b), ces dernières s'étendraient au moins jusqu'au Nord des hautes Vosges (tableau II). Vers le Sud, il est cependant plus difficile de les différencier. Ces couches présentant plusieurs faciès en commun, il faut généralement des coupes continues et de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseurs pour les distinguer sans ambiguïté.

t1 b7. **Couches de Trifels** : grès plus ou moins conglomératique, sableux à la base. Épaisses de 80 à 110 m, les Couches de Trifels sont principalement constituées de grès à teinte dominante rose à brun-rouge dont le grain est moyen à grossier. Ces grès sont habituellement disposés en bancs massifs mais lenticulaires, à stratification fréquemment oblique ou entrecroisée de type fluviatile. Dans leur partie inférieure, ils renferment souvent des galets de quartz et de quartzite, dispersés, concentrés à la base des bancs ou for-



**Tableau II - Stratigraphie du Zechstein (Permien terminal)  
et du Buntsandstein dans les Vosges et le Palatinat**  
D'après W. Dacroth (1985), légèrement modifié et adapté

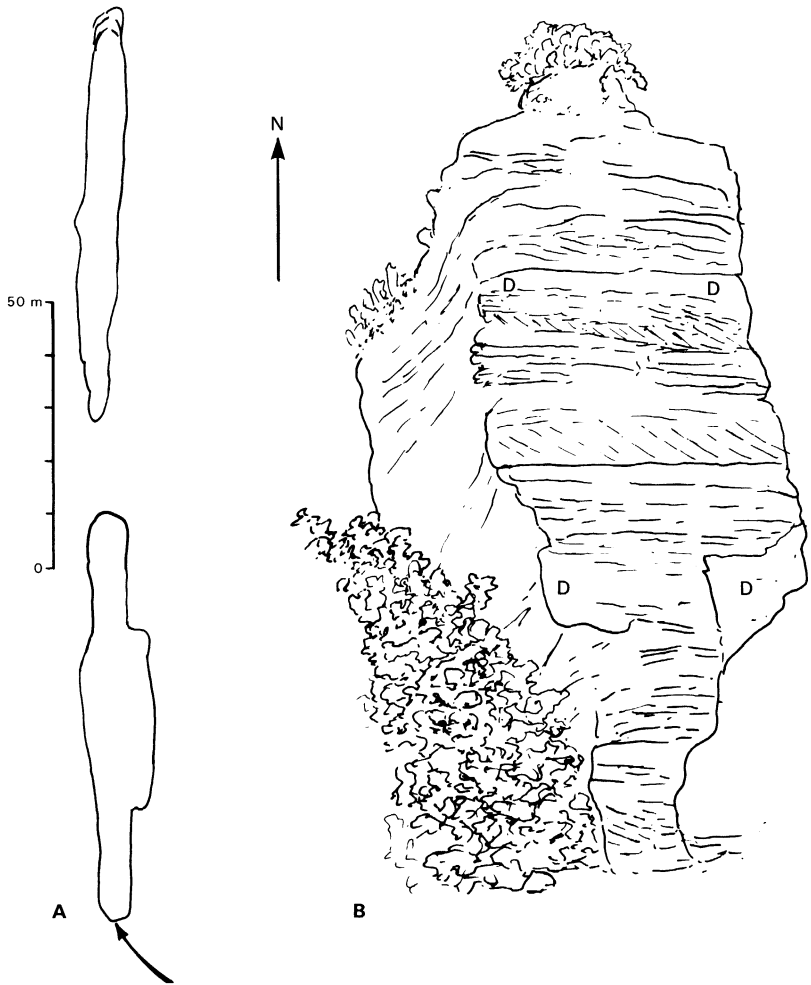
mant des amas conglomératiques. Ces galets se raréfient dans l'ensemble vers le sommet de la formation.

#### • *Subdivisions*

—*Base sableuse*. Sur la feuille, les Couches de Trifels sont généralement peu cimentées à leur base, en particulier dans le secteur compris entre Philippsbourg et Fischbach où leur faible dureté a conditionné le dégagement de larges talus en faible pente et de replats à la partie inférieure des versants. La meilleure coupe a été observée 1 km en aval de Philippsbourg, à l'orée du vallon de Leitzelthal. Dans une ancienne carrière où affleure la partie terminale du Grès d'Annweiler, ce grès très tendre, argileux rouge et la mince couche de sable blanc-verdâtre très fin qui le recouvre localement sont recoupés sous un angle faible par un sable ou un grès très tendre, un peu plus grossier, de teinte rose, constituant la base des Couches de Trifels. Ces dernières sont donc ici discordantes sur le Grès d'Annweiler. Selon W. Dachroth (1985) cette discordance, marquée par un ravinement, aurait une importance régionale (« discordance de la Lauter »). La première assise des Couches de Trifels renferme des intercalations lenticulaires de silt argileux rouge, rouge violacé ou blanc verdâtre et des passées discontinues riches en galets de quartz et de quartzite ou des fragments de silts argileux rouges à blanc verdâtre d'argile noirâtre, pigmentées par des oxydes de fer et de manganèse. Vers le haut, elle se charge en blocs et masses lenticulaires de grès tendre contenant localement des galets de quartz et de quartzite ou présentant des taches brunes ferro-manganiques (« grès tigré »). Épais de 7 m environ, ce grès sableux est recouvert par un grès plus dur assez riche en galets de quartz et de quartzite (faciès *Ruinensandstein*). Il est également visible en contrebas des rochers du Fleckenstein et du Windstein. Dans le sondage KZ3 (7-4011), il est représenté par 9 m de grès rose, légèrement poreux.

—*Partie inférieure* : rochers ruiniformes (*Ruinensandstein*) et bancs conglomératiques. Les Couches de Trifels sont par contre souvent bien silicifiées au-dessus, jusque dans leur partie moyenne et forment un niveau de rochers sur les versants ou en buttes témoins utilisés au Moyen-âge comme sous-bassement ou infrastructure de châteaux-forts tels que ceux du Fleckenstein et du Windstein (fig. 2 et 3). Souvent en forme de lame, large de 5 à 15 m, haute de 15 à 50 m et longue de 50 à 200 m, ces rochers ont eux-mêmes un aspect ruiniforme remarquable d'où le nom de *Ruinensandstein*, donné en Palatinat à la partie inférieure de la formation. Les directions d'allongement de ces lames rocheuses sont variables, mais correspondent, dans l'ensemble, à des directions structurales importantes dans la région. Plus de la moitié d'entre-elles sont allongées selon des directions N 55° à N 75° E, prédominantes dans le socle hercynien sous-jacent. Les autres sont orientées en N 35° à N 45° E, N-S (Windstein) ou N 90° à N 110° E (bassin de la Lauter, en amont de Bobenthal). Il est donc possible que la cimentation ait été plus forte à proximité de diaclases ou de petites fractures.

Ces masses rocheuses présentent de nombreuses lentilles de grès conglomératique dans leur partie inférieure, sur une épaisseur de 5 à 20 m. Il est parfois désigné sous le nom de Conglomérat inférieur et interprété ainsi par J. Perriaux (1961) à Philippsbourg. La disposition en bancs lenticulaires du faciès conglomératique ne permet cependant pas de le considérer comme un niveau repère bien défini. Au-dessus, les galets et lentilles conglomérati-

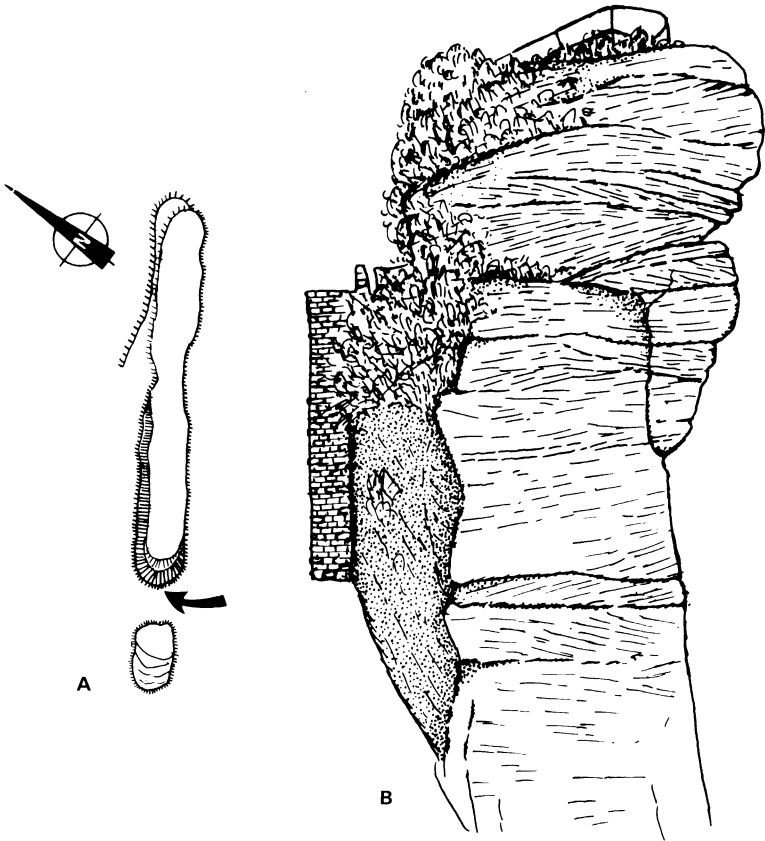


A : Vue en plan, avec situation du profil B (flèche)

B : Profil du rocher méridional, montrant l'alternance irrégulière de bancs de grès à stratification oblique à entrecroisée (faciès fluviatile) et de bancs de grès fins décolorés à stratification horizontale—D-D— (faciès de flaque).

Hauteur du rocher : 20 m environ

**Fig. 2 - Rochers en forme de lame du Vieux Windstein**



A : Vue en plan, avec situation du profil B (flèche)

B : Profil de l'extrémité Sud-Ouest du grand rocher montrant les nombreuses passées à stratification oblique ou entrecroisée.

Hauteur du rocher, côté NW : 15 m environ

**Fig. 3 - Rocher en forme de lame du Fleckenstein**

ques deviennent moins fréquentes ; au contraire, les lentilles de grès fin décoloré sont plus nombreuses. La stratification oblique est généralement prédominante, souvent faiblement inclinée. Les bancs à stratification entrecroisée sont encore fréquents. Toujours localisées dans certains bancs, les taches noires d'oxydes de fer et de manganèse deviennent moins abondantes.

— *Partie supérieure* : faciès banal du Grès vosgien (*Bausandstein de Kaiserslautern*). Moins bien cimentée, la partie supérieure des Couches de Trifels affleure mal. Les rares affleurements montrent des bancs de grès rose à stratification oblique, plus rarement entrecroisée. Les passées conglomératiques sont peu nombreuses. Un certain nombre de bancs contiennent encore des taches noires, mais de dimensions généralement plus faibles que dans la partie inférieure de la formation.

### • **Sédimentologie**

Les Couches de Trifels se différencient du Grès d'Annweiler par un grain plus grossier (médiane 0,2 à 0,5 mm) et l'abondance de grains de quartz de forme subarrondie dans les faciès peu indurés. Dans les faciès rocheux, les quartz sont souvent nourris avec développement de facettes cristallines (*Kristallsandstein*), les néoformations formant des liaisons entre les grains sans atteindre la compacité d'un quartzite. Selon W. Dachroth (1985 b), ces néoformations ne seraient bien développées que dans les niveaux à galets. Le film d'hématite qui entoure la plupart des grains est plus ancien que les néoformations siliceuses (V. Dietz, 1965 ; W. Dachroth, 1967). Il est souvent recouvert par une pellicule d'argile authigène, constituée essentiellement d'illite (N. Gamermann, 1979). Blancs et largement kaolinisés, les feldspaths sont souvent abondants, dans des proportions atteignant et dépassant 20%. Les micas (muscovite) ne sont nombreux que dans quelques lamines des lentilles de grès fins en plaquettes. D'une taille rarement supérieure à 5 cm, les galets de quartz (prédominants) et de quartzite ont une forme subanguleuse à arrondie (indice d'éroulé médian : 257, selon J. Perriaux, 1961). Certains d'entre-eux sont éolisés. Les galets de granite, de gneiss et de lydienes sont peu abondants.

Les Couches de Trifels correspondent, pour l'essentiel, à des alluvions sableuses, déposées dans une basse plaine faiblement subsidente, par un réseau fluvial, en chenaux anastomosés et divagants. Les lentilles de grès fins et de silts sont constituées de matériaux décantés dans les flaques isolées par les levées fluviales à la suite des crues (J.C. Gall, 1972).

**t1bR Couches de Rehberg** : grès à passées conglomératiques. Elles sont constituées par une alternance irrégulière de grès massifs à stratification oblique (*Felssandstein*) très semblables aux faciès prédominants des Couches de Trifels et de grès à stratification horizontale en fines lamines millimétriques (*Dünnschichten* ; W. Dachroth, 1985 a).

Les Couches de Rehberg sont épaisses, 100 à 110 m, et affleurent comme les Couches de Trifels en rochers en forme de lames, localisés dans la partie inférieure ou la partie moyenne de la formation. Nombre de ces rochers ont été fortifiés au Moyen-âge, en particulier ceux du Falkenstein, du Hohenfels, de Lutzelhardt et du Winneck. Ces lames rocheuses présentent les mêmes orientations que celles des Couches de Trifels.



Selon W. Dachroth (1985 a), la base des Couches de Rehberg serait marquée par l'apparition de grès à fine lamination horizontale, mais ce faciès affleure peu et, sur la carte, la limite a été placée essentiellement selon des critères géomorphologiques. Même en sondage, la formation n'a pu être subdivisée.

### • **Sédimentologie**

Les bancs durs et massifs, à stratification oblique, ne diffèrent de ceux des Couches de Trifels que par une moindre richesse en feldspath (5 % environ) et en taches brunes. La muscovite est un peu moins rare (jusqu'à 2 %). Les bancs à lamination horizontale sont constitués de matériaux plus fins (sables moyens, sables fins et silts), granoclassés à l'échelle de la lamine, avec souvent des variations de teinte, les silts étant plus colorés que les sables, parfois en rouge intense. A la différence des intercalations fines des Couches de Trifels, les films de silts ne montrent pas de traces de dessiccation ni d'amas de muscovites flottées et sont fréquemment ondulés selon des ripple-marks de faible amplitude. Les grains de sable de taille moyenne (0,3 mm) ont une forme arrondie et la roche est peu indurée. W. Dachroth (1985 a) a interprété ces bancs à lamination horizontale comme des dépôts éoliens en nappes fixés par l'humidité du sol, chaque lamine correspondant à une tempête de sable. A la base des bancs à lamination horizontale existe souvent un lit de galets dont certains présentent un façonnement éolien. W. Dachroth (1985 a) l'a interprété comme un *reg*.

**t1bK. Couches de Karlstal** : grès à stratification horizontale, sableux au Nord-Ouest. Le terme supérieur du Grès vosgien est principalement constitué par des grès tendres à stratification horizontale, souvent à lamines fines, d'un faciès déjà rencontré en intercalations dans la formation sous-jacente (*Dünnschichten* de W. Dachroth, 1985 a et b). Épais de 120 à 140 m, il est subdivisé en deux par un niveau plus dur, généralement conglomératique, à mi-hauteur de la formation (*Karlstalfelszone*). D'une puissance de 20 m environ, ce niveau représente une récurrence du faciès en bancs massifs à stratification oblique à entrecroisée (faciès *Kristallsandstein*), prédominant dans les Couches de Trifels. La taille des galets est généralement inférieure à 3 cm. Le banc le plus conglomératique forme souvent une petite corniche, très nette entre deux bandes à pente plus faible correspondant à l'affleurement des Couches de Karlstal inférieures et supérieures. Selon W. Dachroth (1985 b), la base, à caractère ravinant, de la *Karlstalfelszone* correspondrait à une discordance à l'échelle de la région (« discordance de la Sarre »).

Les Couches de Karlstal inférieures et supérieures renferment quelques intercalations lenticulaires de grès grossiers à stratification oblique et faciès *Kristallsandstein*. Ces intercalations ont une épaisseur généralement inférieure au mètre, sont peu feldspathiques et ont, comme la *Karlstalfelszone*, une teinte souvent sombre, rouge brun à brunâtre. Le faciès prédominant, à stratification horizontale (*Dünnschichten*), présente les mêmes caractères que dans les Couches de Rehberg. Les dépôts éoliens prédomineraient donc dans les Couches de Karlstal. Au Nord-Ouest de la feuille, ce faciès n'est généralement pas consolidé et exploité comme sable. Dans la partie alsacienne de la feuille, il peut être aussi meuble, comme dans une petite

sablière située à 4 km au N-NE de Lembach. Au Sud-Est de la feuille, en bordure du Fossé rhénan, dans un panneau tectonique de Buntsandstein, le sondage 168-7-71, figuré en marge de la carte, a recoupé 22 m de sable moyen à grain arrondi qui pourraient correspondre à une partie des Couches de Karlstal.

**t1b. Grès vosgien indifférencié** : grès rose. Dans le domaine vosgien au Sud du Grand Wintersberg, le profil topographique caractéristique à rochers ruiniformes donné par la série du Buntsandstein moyen palatin s'estompe, les Couches de Karlstal se chargent en intercalations de *Kristallsandstein*, faciès dur qui forme l'essentiel des affleurements et il devient difficile de subdiviser le Grès vosgien. Les mêmes problèmes se rencontrent dans certains panneaux tectoniques du fossé de Lembach où les niveaux repères manquent et surtout dans le Hochwald où le faciès des grès est altéré par des décolorations, généralisées en bordure de la faille rhénane où la fraction argileuse, habituellement composée essentiellement d'illite, est enrichie en kaolinite (jusqu'à 50% et plus ; N. Gamermann, 1979).

**Discontinuité du Conglomérat principal et absence de la Zone - limite - violette.** Sur la feuille, le Conglomérat principal, niveau repère très caractéristique au sommet du Grès vosgien de la Petite-Pierre au Sud des Vosges, est discontinu, peu épais ou fait défaut. De Bitche au Hochwald, le conglomérat qui a reçu cette dénomination a le faciès d'un conglomérat des Couches intermédiaires et est inclus dans la partie inférieure de cette formation (*Obere Felszone*). Pour marquer ces particularités, nous l'avons appelé « Conglomérat de Bitche », car il est bien exposé sous la citadelle de cette ville. D'autre part, la Zone - limite - violette, niveau argileux à dolomie et cornaline, liée à un épisode d'altération subaérienne, n'est pas représentée dans le Sud du Palatinat et les Basses Vosges où elle aurait été érodée (K. Staesche, 1927). Elle correspondrait à la discordance H du centre du bassin germanique (G. Richter-Bernburg, 1974).

### ***Buntsandstein supérieur***

Sur la feuille, le Buntsandstein supérieur ne présente guère de particularités par rapport à l'ensemble des Vosges et du Sud du Palatinat, régions où il comprend deux formations : les Couches intermédiaires et les Grès à *Voltzia*.

**t2a. Couches intermédiaires** : grès lie-de-vin à intercalations sableuses ou silteuses. Constituées principalement de grès quartzo-feldspathiques poreux de teinte rouge sombre à lie-de-vin, les Couches intermédiaires affleurent au Nord-Ouest de la feuille, dans le fossé de Lembach et le Hochwald. Le plus souvent, elles affleurent en rochers isolés et épars. Seul le conglomérat situé dans la partie inférieure de la formation (Grès conglomératique de Bitche) donne de petites falaises à 2 à 5 m de haut. Bien qu'il ne soit pas situé tout à fait à la base des Couches intermédiaires, ce niveau repère a été utilisé pour marquer la limite inférieure de l'unité cartographique t2a. L'épaisseur des Couches intermédiaires est voisine de 70 m.

Généralement recouverte par des éboulis, la base de la formation n'affleure guère. Avec l'interprétation lithostratigraphique adoptée ici, elle

débuterait avec la *Obere Felszone* de A. Leppla, 1888 (« zone rocheuse supérieure »). Recouvrant généralement les Couches de Karlstal selon une discordance d'érosion, ce niveau rocheux diffère de ces dernières par un grain nettement plus grossier, la présence de galets, en quartz et quartzite, et d'intercalations de sables grossiers, parfois conglomératiques (Grès conglomératique de Bitche). Il s'enrichit en éléments fins dans sa partie supérieure. Fréquemment, ce niveau comprend des structures subsphériques dont le diamètre peut atteindre 10 cm, revêtus d'une pellicule d'oxydes de fer et de manganèse, qui lui ont valu le nom de *Kugelfelshorizont* (H. Thürach, 1894). Il renferme également des cavités subsphériques bordées de grès poreux et teinté de noir par des oxydes de fer et de manganèse, dues à l'altération de concrétions carbonatées. Son épaisseur serait comprise entre 10 et 20 m en Palatinat, mais semble moins importante sur la partie alsacienne de la feuille.

La « zone rocheuse supérieure » est recouverte par des grès encore plus riches en lentilles grossières et conglomératiques, formant souvent de petites falaises. Souvent poreuse, scintillante et de teinte sombre, rose violacé à noirâtre, la matrice des conglomérats à l'aspect du grès des Couches intermédiaires. Les galets de quartz et de quartzite ont une forme souvent subanguleuse. Ils sont souvent altérés et pénétrés par des oxydes de fer ou recouverts par une patine brune. Leur longueur peut atteindre et dépasser 5 cm, mais la plupart d'entre-eux ont moins de 3 cm. La stratification est principalement oblique à entrecroisée, mais ce grès conglomératique peut renfermer des lentilles de grès fins, clairs, à stratification subhorizontale, présentant parfois des passées micacées (faciès de flaque). L'épaisseur du grès conglomératique ne semble guère excéder 15 m.

Au-dessus de ce grès conglomératique, les Couches intermédiaires renferment encore quelques passées à galets, mais ceux-ci disparaissent en montant dans la série, tandis que les intercalations de lentilles et lits silto-argileux deviennent plus nombreux. Certains d'entre-eux renferment des fragments de dolomie, jaunâtres, souvent accompagnés de matériaux argileux bariolés verdâtres et parfois de silicifications rougeâtres (« cornaline »). Ce sont les « zones violettes ». En Forêt-Noire, D. Ortlam (1967) les a utilisés comme niveaux repères lithostratigraphiques, mais à l'Ouest du Rhin, ces niveaux sont discontinus et probablement lenticulaires. Par dissolution des carbonates, ils passent latéralement à des passées sablo-gréseuses ou silto-argileuses noirâtres, riches en oxydes de manganèse. En-dessous de ces niveaux, s'observent fréquemment des décolorations du grès, selon des formes cylindriques ou radiculaires, fossilisation probable de la zone de réduction autour des racines non conservées. Cette observation a permis à E.M. Muller (1954) et J. Perriaux (1961) de les interpréter comme des paléosols. Pour J.C. Gall (1972) ce sont plutôt des dépôts de marécages, plus ou moins affectés par des altérations et des remaniements. M. Durand et R. Meyer (1982) ainsi que W. Dachroth (1985 b) rapportent les fragments de dolomie à d'anciennes croûtes calcaires démantelées.

Dans leur partie supérieure, les Couches intermédiaires contiennent encore de petites cavités noirâtres à bordure poreuse, riches en oxydes de manganèse, mais celles-ci deviennent de moins en moins nombreuses vers le sommet de la formation. Granoclassé, le grès s'affine dans l'ensemble et

les passées micacées deviennent plus nombreuses. Les niveaux fins sont parfois fossilifères (esthéries, empreinte de la tortue *Chelonidium vogesiacum* au Jaegerthal et de labyrinthodonte à Mitschdorf ; *Equisetites*). Selon J. Perriaux (1961), les Couches intermédiaires se terminent souvent par un banc argileux recouvert par une brèche dolomitique, épaisses de 0,20 à 0,50 m dont l'extension serait très générale. Avec des arguments sédimentologiques, J.C. Gall (1971) confère à ces niveaux une forme lenticulaire.

**t2b. Grès à Voltzia.** Bien reconnaissable par ses passées micacées et la teinte rouge intense des intercalations argileuses de sa partie supérieure, le Grès à *Voltzia* affleure dans le fossé de Lembach et, plus rarement dans le Hochwald. Il comprend deux assises ; à la base le Grès à meules, constitué de bancs de grès massifs micacés, rouges ou gris à l'affleurement, gris en forage profond ; au sommet, le Grès argileux, formé par une alternance de minces bancs de grès micacés et d'argilites rouges à vertes. Les meilleurs affleurements sont d'anciennes carrières dans la partie méridionale du fossé de Lembach (Jaegerthal, Nord de Langensoultzbach). Le Grès à *Voltzia* a été l'objet d'une étude paléontologique, sédimentologique et paléo-écologique très détaillée (J.C. Gall, 1971) à laquelle nous emprunterons l'essentiel des données ci-dessous. Il comprend le Grès à *Voltzia* inférieur ou Grès à meules et le Grès à *Voltzia* supérieur ou Grès argileux.

Le Grès à meules, épais de 5 à 13 m, est constitué par des bancs massifs de grès quartzo-feldspathiques et micacés de 1 à 10 m de puissance, lenticulaires, séparés par des diasthèmes, des lentilles argileuses, des lentilles de grès carbonatés ou encore des interstratifications plus complexes avec une succession de lits argileux, gréseux et carbonatés. Relativement grossiers et riches en plantes à la base, les bancs de grès, larges de plusieurs dizaines de mètres, sont essentiellement constitués par un grès gris à rose à grain fin («grès sains»). La stratification est oblique (5° à 15°) à horizontale et les délits et surfaces de bancs présentent de nombreuses figures sédimentaires. Épaisses de quelques décimètres à 2 m, les interstratifications complexes, en forme de remplissage de chenal, comprennent généralement :

—à la base des grès relativement grossiers à plantes remaniées avec parfois des galets d'argiles ou des éléments carbonatés dans leur partie inférieure ;

—au-dessus, des argilites parmi lesquelles J.C. Gall (1971) a distingué des paléobiocénoses à crustacés, lagunaires, plus fréquentes dans la partie inférieure du Grès à meules ; des paléobiocénoses à lingules et lamellibranches, de vasière littorale, localisées plutôt dans la partie supérieure du Grès à meules et une association à organismes terrestres, riche en restes végétaux. Celle-ci évoque un paysage d'étangs, plus ou moins confinés bordés par une végétation palustre d'Equisétales et de Gymnospermes (flore étudiée par L. Grauvogel-Stamm, 1978) ;

—au sommet, ou en lentilles dans les argilites, des niveaux carbonatés en bancs, ou plus fréquemment disloqués en brèches. Constitués de calcite ou de dolomite, les éléments des brèches contiennent une faune subautochtone à caractères marins, à foraminifères agglutinants (*Glomospirella* et *Glomospira*, Lagénidés) et mollusques (*Myophoria vulgaris*, *Gervillia socialis*, etc.). J.C. Gall (1971) replace l'ensemble du Grès à meules dans un environnement deltaïque. Les grès sains correspondent à d'anciennes barres d'embouchures, les grès à plantes à des dépôts fluviatiles de crues. Les niveaux

argileux se sont formés dans des étangs saumâtres, des lagunes ou des vasières littorales et les niveaux carbonatés dans des avancées marines ou des cuvettes continentales.

Selon J. Perriaux (1961) la base du Grès à meules est marquée par un « horizon à plantes ». Comme nous l'avons rappelé, les grès à plantes présentent un caractère lenticulaire et le passage des Couches intermédiaires au Grès à *Voltzia* peut être progressif. La limite supérieure du Grès à meules, visible dans la plupart des carrières, est par contre très nette. Généralement plane et subhorizontale, elle recoupe souvent les bancs sous-jacents et elle est fréquemment soulignée par des taches de décoloration avec parfois des traces de racines (J.C. Gall et L. Grauvogel, 1967), interprétées comme des taches d'inhibition par N. Gamermann (1979).

Le Grès argileux a une épaisseur moyenne de l'ordre de 5 m dans la région considérée. J. Perriaux (1961) a dressé une carte isopaque du Grès argileux où apparaît une préfiguration d'un seuil vosgien (épaisseurs inférieures à 3 m) et de bassins dans les domaines lorrains et alsaciens avec des épaisseurs pouvant dépasser 10 mètres. La limite supérieure du Grès argileux n'étant pas toujours très nette, cette carte doit être utilisée avec beaucoup de prudence. Bien stratifié, le Grès argileux comprend une succession variable de bancs de grès à dalles, de bancs argileux et de bancs carbonatés épais de 0,05 à 1,50 m, les bancs de grès étant généralement les plus épais. Les grès à dalles, roses ou gris beige, de constitution analogue aux Grès sains du Grès à meules ont une stratification subhorizontale et souvent perturbée par des traces de terriers. Les bancs argileux, de teinte gris-vert, vert-olive ou rouge-brun sont finement lités et souvent bioturbés. Une paléobiocénose à lingules et crustacés y a été observée. Les bancs carbonatés, de teinte ocre, sont généralement constitués de grès dolomitiques contenant une riche faune marine à *Lingula tenuissima*, *Hoernesia socialis*, *Gervillia costata* et *Myophoria vulgaris*.

J.C. Gall (1971) a interprété le grès à dalles comme un ancien dépôt de plage marine et les bancs argileux comme d'anciennes vasières littorales. Mais ce sont les bancs carbonatés qui ont gardé la plus nette empreinte marine avec une faune annonçant le Muschelkalk inférieur. Les influences marines apparaissent déjà dans certains faciès du Grès à meules et la malacofaune avec *Myophoria vulgaris* (J.C. Gall, 1971 ; J.C. Gall *et al.* 1977), la microfaune (L. Koehn-Zaninetti *et al.*, 1969) et la microflore avec *Hexasaccites muelleri* et *Illinites kosankei* (\*) (M.C. Adloff, 1968; M.C. Adloff et J. Doubinger, 1969 et 1978) permettent d'attribuer un âge anisien au Grès à *Voltzia*. La parenté des matériaux du Grès à dalles et du Grès à meules qui couronne la masse gréseuse du Buntsandstein, la teinte rouge prédominante et quelques empreintes végétales attribuées au genre *Voltzia*, ont cependant entraîné la plupart des auteurs à rattacher le Grès argileux encore au Buntsandstein.

Classiquement (E. Weiss, 1869; N. Théobald, 1951) le Grès à *Voltzia* se termine par un banc argileux rouge, plus ou moins panaché de vert, épais de 1 à 2 m : l'Argile-limite. Reconnu aux confins nord-est de la Lorraine, ce niveau ne paraît pas continu. Avec M. Durand (notice de la carte géologique

(\*) Pollens d'*Aetophyllum stipulare*, conifère (L. Grauvogel-Stamm 1978).

à 1/50 000 Cirey-sur-Vezouze), nous pensons que la limite Buntsandstein-Muschelkalk est marquée dans la région par la disparition brutale des teintes rouges caractéristiques du grès argileux. Rappelons que cette limite est hétérochrone (J.C.Gall, 1971, p. 162).

En plus des études sédimentologiques mentionnées plus haut, les minéraux argileux du Grès à *Voltzia* ont été l'objet d'études géochimiques et minéralogiques (J.C.Gall, 1971; C.Moser *et al.*, 1972; N.Gamermann, 1979). Ils comprennent essentiellement de l'illite, accompagnée d'un peu de chlorite, auxquelles s'ajoutent de faibles quantités de kaolinite et des traces de smectite dans les niveaux gréseux. Ces derniers ont une texture quartzitique, l'auréole de nourrissage des quartz et des feldspaths n'étant pas séparée du grain par une pellicule d'hématite et d'argile comme dans le Grès vosgien ; la rubéfaction est liée à une altération météorique nettement postérieure à la diagénèse (N. Gamermann, 1979).

### **Muschelkalk**

Caractérisé par des couches riches en calcaires coquilliers à faune marine au centre du bassin, le terme médian du Trias germanique comprend les périodes de développement maximum de la transgression marine qui a débuté dans la région à la fin du Buntsandstein. Son histoire comprend plusieurs épisodes et il est subdivisé en trois membres :

- le Muschelkalk inférieur, ici représenté par des couches détritiques fines, souvent dolomitiques, déposées dans une immense vasière littorale ;
- le Muschelkalk moyen pendant lequel se sont formées des couches argileuses, silteuses et carbonatées, comprenant des intercalations d'évaporites, dans un milieu lagunaire sursalé ;
- le Muschelkalk supérieur où, sur une plate-forme marine épicontinentale, se sont déposés des calcaires coquilliers et oolithiques, d'abord exclusivement, puis en alternance avec des vases silto-carbonatées.

### **Muschelkalk inférieur**

Dépourvues de formations gréseuses ou carbonatées épaisses et dures, les assises du Muschelkalk inférieur affleurent mal. En l'absence de coupes de sondages finement étudiées, elles sont mal connues dans le détail. Le contexte régional et les faciès observés permettent cependant de les rapporter à la série type de Volmunster définie sur la feuille voisine de Bitche (E. Schumacher, 1891, résumé et traduit par N. Théobald, 1952). Celle-ci comprend 7 formations ; de haut en bas :

- Les Couches à *Orbicularis* ;
- le *Schaumkalk* (« Calcaire grenu ») ;
- le *Wellenkalk* (« Calcaire ondulé ») ;
- le *Wellenmergel* (« Marnes ondulées ») ;
- Les Couches à térébratules ;
- Les Couches à *Myacites* ;
- La « Zone à entroques » ou Grès coquillier.

Sur la carte, ces formations ont été regroupées en deux unités cartographiques : t3a, comprenant les 4 formations inférieures, à prédominance de matériaux détritiques fins ; t3b, regroupant les 3 formations supérieures, ici essentiellement dolomitiques. L'épaisseur de la série est voisine de 55 m.

Incomplète, la meilleure coupe actuelle est celle du talus de la D 503 entre Wingen et Petit-Wingen ; de haut en bas, épaisseurs en mètres :

—visible sur 0,50 - Plaquettes de dolomie ocre de 2 à 8 cm d'épaisseur (fond de dolsparite prédominante et de sparite, avec des passées et nodules de micrite peu dolomitisée) dans des marnes en fines plaquettes à 1 cm, altérées ;

—0,08 - Dalle bréchiq ue de dolomie ocre à éléments gris (éléments de micrite grise dans un fond micro à cryptocristallin largement dolomitisé de calcaire clastique à bioclastique) ;

—visible sur 2,50 - Faciès Wellenkalk : fines plaquettes ondulées de 0,5 à 1 cm d'épaisseur de calcaire fin plus ou moins dolomitique séparé par des feuilletts argileux bien délimités ou en faisceaux diffus dans le fond carbonaté ;

—2,00 environ - Lacune d'observation ;

—0,10 - Calcaire ocre, largement dolomitisé, cloisonné par un réseau de veines à cristaux plus grossiers partiellement dolomitisé ;

—0,40 - Faciès Wellenkalk ;

—0,20 - Calcaire ocre, largement dolomitisé, idem ci-dessus ;

—9,00 - Lacune d'observation ;

—0,10 - Dalle éboulée de grès gris-beige ocreux, à grains nourris et tendance quartzitique, un peu calcaire et dolomitique ;

—0,50 environ - marnes altérées ;

—0,10 - Dalle de dolomie grise compacte, finement grenue (dolsparite) ;

—0,50 à 0,60 - Marnes altérées avec une intercalation de grès dolomitique à entroques (3 cm) ;

—0,15 - Grès fin ocre dolomitique et calcaire, assez ferrugineux, à grains nourris et corrodés, en grosses dalles de 0,50 cm de longueur ;

—> 1,50 - Plaquettes de dolomie gréseuse ;

—> 1,50 - idem plus argileux, avec quelques rares intercalations de grès dolomitique id. ci-dessus.

t3. **Muschelkalk inférieur indifférencié.** Pour des raisons graphiques, les deux unités cartographiques t3a et t3b ont été regroupées à Weiler, dans le champ de fractures de Wissembourg.

t3a. **Wellenmergel** : silts dolomitiques en plaquettes ; **Couches à térébratules** : silts et grès dolomitiques ; **Couches à Myacites** : silts et grès argileux, à intercalations de dolomies gréseuses coquillières prédominantes et plus gréseuses à la base (**Grès coquillier**). Les assises à dominante détritique fine du Muschelkalk inférieur donnent des zones d'affleurement assez étendues dans le fossé de Lembach et apparaissent de manière plus discrète dans le faisceau de la faille rhénane, au Sud et à l'Est du Hochwald. Ces zones se

reconnaissent par l'abondance de fragments de grès fins plus ou moins micacés, de teinte ocre à menues taches brunes et la présence moins fréquente de dolomies silteuses à grain fin, jaunâtres à ocres à l'altération.

A la base, sur une dizaine de mètres, les bancs de grès dolomitiques prédominent, en alternance irrégulière avec des bancs de grès fins argileux et des couches d'argile silteuse. Ils peuvent être fossilifères, avec une faune marine analogue à celle du Grès argileux (t2b sup.). Vers le haut, les argiles silteuses prennent de plus en plus d'importance et deviennent prédominantes dans les Couches à *Myacites*. Au contraire, les bancs de grès sont de moins en moins fréquents, moins épais et plus lenticulaires. Les argiles ont des teintes grises, verdâtres ou plus rarement rouge violacé. Les bancs de grès sont brun clair, gris-beige, bis-rosâtre, brun-ocre ; d'autant plus ocres qu'ils sont plus dolomitiques. Ils peuvent être rouge violacé, mais avec des teintes nettement plus ternes que celles du Grès à *Voltzia*. Peu apparente, leur stratification est généralement subhorizontale. La surface supérieure des bancs de grès et de certaines couches silteuses est fréquemment ondulée selon des rides de courant (*ripple marks*) et peut être parsemée de nombreuses paillettes de mica blanc. Ce minéral est souvent présent au sein même des bancs de grès et de siltites.

Reconnus par L. Van Werveke (1897) à Oberbronn, près de Niederbronn (feuille à 1/50 000 Hagueneau), les deux bancs repères de dolomie gréseuse à entroques du Grès coquillier de Volmunster existent probablement dans le fossé de Lembach. L'épaisseur cumulée du Grès coquillier et des Couches à *Myacites* serait comprise entre 20 et 25 m. Ces formationsaffleurent de façon discontinue dans les talus de la petite route allant directement à Pfaffenbronn, à la sortie sud-est de Lembach.

**Les Couches à térébratules**, à ne pas confondre avec le Calcaire à térébratules du Muschelkalk supérieur, sont constituées par une alternance de minces bancs de dolomie cristalline et de silts argilo-dolomitiques, gris à verdâtres, en couches de quelques centimètres d'épaisseur. A Volmunster, deux bancs repères de dolomie cristallines plus durs, de quelques décimètres d'épaisseur sont connus sous le nom de « banc à térébratules principal » et « banc à térébratules supérieur ». Le premier marquerait la base de la formation et serait représenté aux environs de Lembach (L. van Werveke, 1897). Les Couches à térébratules auraient une dizaine de mètres d'épaisseur.

Les *Wellenmergel* forment une assise de transition entre la formation précédente et le *Wellenkalk*. Elles débutent par des silts argilo-dolomitiques presque semblables à ceux des Couches à térébratules, comprenant vers le haut des intercalations de minces lentilles de dolomie grenue, avec des ébauches de la stratification ondulée caractéristique du *Wellenkalk*. Leur épaisseur ne semble guère excéder 5 m.

t3b. **Dolomie à *Myophoria orbicularis* ; Schaumkalk** : calcaire ou dolomie grenue ; **Wellenkalk** : calcaire ou dolomie ondulée. Ces trois formations carbonatées sont ici largement dolomitisées. Délimité à la base, dans la coupe type de Volmunster, par un banc à *Pentacrinus*, le Wellenkalk est constitué



par une succession de minces couches de calcaire plus ou moins dolomitique gris clair à surfaces irrégulièrement ondulées et gauches, séparées par une fine pellicule ou des joints argileux ou silto-argileux gris à gris verdâtre. Les surfaces inférieure et supérieure se rejoignant de place en place, interrompant la couche de carbonate qui se divise en lentilles amygdalaires (aspect de feuilleté aux amandes). Les ondulations ont quelques millimètres d'épaisseur et quelques centimètres de longueur et correspondent à des figures sédimentaires variées et souvent interférentes, en particulier des rides de courant asymétriques et des flutes marks. A la cassure la roche présente une structure madrée fine et irrégulière. Le Wellenkalk présente quelques intercalations de dolomie grenue, de faciès Schaumkalk et peut renfermer quelques lentilles de grès dolomitiques (chenaux détritiques). Selon J. Ricour (1962), le Wellenkalk de Lembach est riche en vermiculures et contient fréquemment des fossiles, principalement des genres *Gervillia*, *Terebratula* et *Lima*; il comprend des bancs à pentacrines et lingules. Il affleure bien dans le talus de la route, à la sortie nord de Wingen, près de l'embranchement de la route menant au stade municipal.

Le milieu de dépôt du Wellenkalk est une immense vasière littorale protégée des fortes houles qui l'atteignent épisodiquement et génèrent les intercalations de faciès Schaumkalk.

Vers le haut, les intercalations de dolomie grenue (cf. faciès Schaumkalk) deviennent plus nombreuses et peuvent constituer plus de 50 % de la formation. Leur fréquence caractérise l'équivalent dolomitique du Schaumkalk. Variant de 2 à 40 cm, leur épaisseur est plus importante vers le sommet de la formation. Abondantes et encore ondulées à la base, les couches de dolomie schisteuse et marneuse deviennent moins épaisses vers le haut où plusieurs bancs de dolomie grenue peuvent se recouvrir directement. Plus ou moins grossier, compact ou poreux, le faciès schaumdolomit a fréquemment un éclat scintillant à la cassure (grains de dolomite à cassure spathique). Il correspond à une ancienne calcarénite, pouvant contenir des débris d'entrouques et des fragments de coquilles, déposée dans un milieu marin peu profond et assez agité.

L'épaisseur de l'ensemble Wellenkalk-Schaumkalk est compris entre 12 et 15 m.

**La Dolomie à *Neoschizodus* (*Myophoria*) *orbicularis*** est formée par une succession de bancs de 0,05 à 2 m d'épaisseur. De teinte grise à beige, la roche a un grain plus fin que la Schaumdolomit. Elle est souvent finement gréseuse ou silteuse et comprend des passées de lumachelle à myophories. La formation renferme quelques intercalations de marnes dolomitiques feuilletées. A Niederbronn, 2 km au Sud de la bordure méridionale de la carte, L. Van Werveke (1897) a retrouvé le banc repère à ossements (principalement des vertèbres) de la coupe type de Volmunster. Celui-ci est donc vraisemblablement représenté sur la feuille. Dans sa partie supérieure et surtout à son sommet, la Dolomie à *Orbicularis* comprend fréquemment des stromatolites. Les structures « semisphériques écailleuses » observées par L. Van Werveke (1897) à Niederbronn correspondent probablement à des édifices stromatolitiques en dômes. Selon U. Bayer *et al.* (1985), ils souligneraient une

tendance régressive annonçant le régime lagunaire du Muschelkalk moyen. L'épaisseur maximale de la Dolomie à *Orbicularis* est de 5 m.

### **Muschelkalk moyen**

Pauvres en fossiles et comprenant des termes riches en gypse et anhydrite, les formations du Muschelkalk moyen correspondent à un épisode lagunaire, avec une tendance à la sursalure. Elles s'individualisent nettement au sein des autres formations du Muschelkalk à caractères nettement marins. Constituées principalement de matériaux silto-argileux et marnodolomitiques, les assises du Muschelkalk moyen affleurent mal et leur lithologie précise est mal connue dans ce secteur. En Alsace, elles sont regroupées dans deux formations : les Marnes bariolées et la Dolomie à *lingules*.

**t4a. Marnes bariolées :** silts argileux, plus ou moins calcaires et dolomitiques, gypse. Au dessus de la Dolomie à *Orbicularis*, cette formation débute par une dizaine de mètres d'argiles silteuses bariolées avec des teintes rouges et gris verdâtre clair, correspondant approximativement aux Couches rouges du Muschelkalk moyen de Lorraine. Ces argiles peuvent contenir quelques lentilles de gypse et d'anhydrite. Dans leur partie supérieure, la couleur rouge disparaît et l'on passe à une formation marneuse, moins massive et souvent finement litée comprenant des intercalations de gypse et d'anhydrite plus nombreuses. D'une épaisseur comprise entre 10 et 20 m, cet ensemble marneux présente sensiblement le faciès des Couches grises de Lorraine qui renferment dans leur région type d'importantes masses de sel gemme, dont le gisement de Sarralbe. Le toit de ce dernier est marqué par un horizon de marnes de teinte brun-rouge à chocolat (repère L. Guillaume), d'extension très importante, qui pourrait donc être représenté dans le fossé de Lembach. Dans le Nord-Est de la Lorraine, les Marnes bariolées ont un âge Anisien supérieur (M.C. Adloff *et al.*, 1982).

**t4b. Dolomie à *lingules*.** Cette formation est constituée d'une alternance irrégulière de bancs de dolomie et de marnes, les premiers devenant, dans l'ensemble, prédominants vers le haut. La dolomie présente plusieurs faciès. A la base de la formation elle est généralement blanche et tendre, en bancs peu épais. Caractéristique à l'altération par son aspect cellulaire et caverneux, le faciès en rognons plaquettes ou lentilles grenues à cristallines, brun clair, cloisonnés par des veines de calcite secondaire abonde dans les parties moyenne et supérieure de la formation. Des bancs plus compacts dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres, sont localisés à la partie supérieure de la formation. Les différents faciès dolomitiques, parfois calcaires, renferment fréquemment des accidents siliceux, en niveaux lenticulaires, en rognons, ou en mouches dispersées. Ces silicifications ont des aspects variés. Les plus caractéristiques ont une teinte noire mate ; ils sont généralement compacts et localisés dans la partie supérieure de la formation. Certains sont noirs et blancs, en disposition rubanée ; d'autres sont blancs compacts ou poreux ; quelques uns sont caverneux et parfois recouverts de revêtements calcédonieux blancs ou gris. Assez résistantes à l'altération, ces roches siliceuses forment souvent des cailloutis résiduels sur les plateaux à soubassement de marnes du Muschelkalk moyen. Par altération, ils peuvent prendre un aspect poreux à caverneux (meulièrement), particulièrement bien développé à proximité de failles.

La Dolomie à lingules est peu fossilifère. Dans sa partie supérieure elle renferme principalement des restes de poissons et *Lingula tenuissima*. Selon D. Geisler (1978), elle correspond à une mégaséquence menant d'un pôle argileux à un pôle carbonaté, formée de plusieurs dizaines de séquences élémentaires, constituées en particulier par les alternances de niveaux marneux et dolomitiques. La dolomitisation serait très précoce (D. Geisler, 1986). L'épaisseur de la formation est voisine de 25 m.

**t5. Muschelkalk supérieur.** Ensemble essentiellement calcaire épais d'une soixantaine de mètres, la série du Muschelkalk supérieur comprend deux formations ; de haut en bas :

—les Couches à cératites, constituées par une alternance de bancs calcaires et de couches argileuses ou marneuses (45 m environ) ;

—le Calcaire à entroques, formé essentiellement de bancs calcaires massifs (12 à 15 m).

Selon P. Düringer et H. Hagdorn (1987), la limite entre ces deux formations, déposées dans des conditions paléogéographiques différentes, serait diachrone, et liée à une migration vers l'Ouest du dispositif sédimentaire. Le milieu de plate-forme marine ou haut-fond dans lequel s'est formé le Calcaire à entroques faisant place à un bassin distal, mais peu profond, où la sédimentation marneuse est épisodiquement interrompue par des apports biodétritiques carbonatés liés à une augmentation momentanée du niveau d'énergie du milieu (tempête ou tsunamis, selon T. Aigner, 1979 et 1985 ; P. Düringer, 1982 et 1984). Cette limite se situerait en Alsace dans la zone de cératites à *Robustus*, peu en dessous du sommet de l'Anisien (H. Kozur, 1975), plus tôt qu'en Lorraine.

**t5a. Calcaire à entroques.** Formation la plus riche en carbonates du Trias germanique, le Calcaire à entroques est formé essentiellement de bancs calcaires gris clair, jaunes à l'altération, épais de 0,10 à 2,00 m, avec quelques intercalations marneuses, plus nombreuses dans sa partie supérieure. Dans l'ensemble, les bancs sont plus épais et plus massifs dans la partie inférieure où l'on observe fréquemment un ou plusieurs bancs oolithiques et d'autres riches en entroques. Tiges de l'échinoderme *Encrinurus liliiformis*, ces dernières caractérisent la formation par leur abondance, mais sont encore bien représentées dans les Couches à cératites. Le Calcaire à entroques comprend plusieurs faciès dont certains fréquemment superposés à l'intérieur d'un même banc, souvent en séquences granoclassées (B. Haguenaer, 1963). P. Düringer (1982 et 1984) distingue les bancs micritiques à terriers subcylindriques, les biostromes à térébratules et les calcaires biodétritiques à entroques, parfois oolithiques, à stratification souvent entrecroisée. Ces faciès se succèdent sans ordre définis dans les bancs à « sédimentation normale » régie par les variations locales du milieu. Les séquences granoclassées correspondraient à un événement régional exceptionnel, la « tempête ». Elles comprennent toujours à la base un niveau biodétritique, parfois bréchique, à entroques et débris de coquilles, surmonté lorsque la séquence est complète par des calcaires biodétritiques fins à lamines planes puis rides d'oscillations, eux-mêmes recouverts par un calcaire à grain fin (micrite) très bioturbé. Dans la partie supérieure de la formation, la séquence peut se terminer par une couche marneuse. Les calcaires comprennent souvent une

fraction silicoclastique, généralement peu abondante, sableuse dans les bancs grossiers, silto-argileuse dans les bancs fins, en particulier dans les intercalations marneuses de la partie supérieure de la formation. Des bancs peuvent se suivre entre deux carrières voisines, mais les corrélations sont difficiles à établir à distance, car l'extension des bancs n'est pas toujours très importante. Ainsi, il est difficile de mettre en corrélation la coupe type de Lembach (Benecke, 1892) avec celle de Weiler (A. Andreae *et al*, 1892). Sur la feuille, les faciès micritiques prédominent. Le Calcaire à entroques renferme localement des accidents siliceux, irrégulièrement répartis, notamment à Weiler ; ils sont rares à Lembach.

Les fossiles non fragmentés les plus fréquents sont des térébratules, essentiellement *Coenothyris vulgaris*. Parmi les organismes les moins rares, citons des mollusques : *Pecten discites*, *Lima lineata*, *Undularia (Chemnitzia) scalata*, *Myophoria laevigata*, *M. elegans*, *Gervillia costata* ; un petit crustacé : *Pemphix sueuri* ; des oursins : *Cidaris grandaeva* et des vertèbres de sauriens : *Nothosaurus*.

Le Calcaire à entroques a été exploité comme pierre à chaux dans de nombreuses carrières réparties dans toutes ses zones d'affleurements, aujourd'hui toutes abandonnées. Il peut être observé sur des fronts de taille, le plus souvent dégradés, au NW de Lembach ; au Four à chaux, sur la route principale de Lembach à Pfaffenbronn et à Weiler.

L'épaisseur du Calcaire à entroques est de 14 m à Lembach, de 15 m à Weiler et dans le sondage Schoenenbourg 1 (168-8-50). La limite inférieure de la formation est nette ; sa limite supérieure correspond à l'apparition des alternances régulières calcaires-marnes silteuses.

**15b. Couches à cératites** : alternance de marnes silteuses et de bancs calcaires. Plus tendres et n'ayant guère été l'objet d'exploitation dans le secteur considéré, les Couches à cératites affleurent mal. Elles couronnent les buttes et replats qui dominent Lembach et forment des zones d'affleurement assez étendues entre la vallée de la Sauer, en aval de Lembach et Langensoultzbach. En dehors du fossé de Lembach, elles n'apparaissent que dans de petits panneaux du champ de fractures de Wissembourg.

Isolés entre deux couches de marnes ou groupés en successions de deux ou trois bancs, les calcaires ont une teinte grise claire à soutenue. Ils se présentent en bancs d'épaisseur généralement comprise entre 4 et 20 cm, fragmentés en petites dalles à l'affleurement. Leur grain est fin ou variable, avec une granulométrie décroissante de bas en haut. D'épaisseur habituellement comprise entre 2 et 20 cm, les marnes sont souvent riches en fraction silteuse ; elles présentent une fine stratification horizontale. Leur couleur est souvent foncée, gris soutenu à noir. L'épaisseur cumulée des bancs calcaires paraît supérieure à celle des bancs marneux ; deux fois plus importante dans la partie supérieure de la formation à Niederbronn, selon L. Van. Werveke, 1897. Au contraire, dans l'axe du bassin se situant de la Lorraine à la Hesse à la fin du Muschelkalk (T.Aigner, 1985), l'épaisseur des bancs marneux dépasse largement celle des bancs calcaires.

D'un point de vue sédimentologique, les bancs calcaires, en particulier les bancs granoclassés à base ravinante, seraient comme ceux du Calcaire à

entroques, des dépôts de tempêtes (T. Aigner, 1979 et 1985 ; P. Düringer, 1982 et 1984), mais en milieu distal où ils viennent s'intercaler dans le fond continu de la sédimentation fine, calcaréo-pélitique. La séquence type comprend, selon P. Düringer (1982 et 1984), à la base une calcarénite à coquilles et intraclastes surmontée par un calcaire biodétritique fin à lamines parallèles puis à rides d'oscillations. Ce calcaire est surmonté par un calcaire micritique à nombreux terriers suivi par un niveau marneux à lamines parallèles. Selon B. Haguénauer (1963), la séquence se poursuivrait parfois par un calcaire microcristallin, constituant la base inférieure du banc calcaire surmontant le niveau marneux. La partie supérieure du banc calcaire est souvent bioturbée et fossilifère. Parmi les espèces les plus fréquentes citons des mollusques : *Lima striata*, *Pecten discites*, *P. laevigatus*, *Myophoria vulgaris*, *M. laevigata*, *Gervillia socialis*, *Corbula gregaria* et *Ceratites nodosus*. Les térébratules (*Coenothyris vulgaris*) ne sont pas rares, mais moins abondantes que dans le Calcaire à entroques.

Classiquement, en Basse Alsace, les Couches à ceratites se terminent par des bancs calcaires plus épais, à passées riches en térébratules et récifs d'huîtres (*Placunopsis ostracina*). Ces niveaux n'ont pas été observés ici avec certitude et L. van Werveke (1897) décrit une coupe aux environs de Niederbronn où ils font défaut.

L'épaisseur des Couches à cératites est de 45 m dans le sondage Schoenbourg 1 (168-8-50) ; elle serait d'une cinquantaine de mètres dans la région de Niederbronn (L. van Werveke, 1897).

## **Keuper**

### **Keuper inférieur (Lettenkohle).**

Dépôts liés à une phase de régression transformant la plate-forme marine du Muschelkalk supérieur en vasière littorale et marais cotier (P. Düringer, 1982 et 1987), les assises de la Lettenkohle ont toujours été rattachées au Keuper dans la série type du Trias germanique. En Alsace, où elles ont été souvent rattachées au Muschelkalk supérieur, elles comprennent classiquement trois formations ; de haut en bas :

- la Dolomie limite ;
- les Marnes bariolées, dont la partie supérieure est parfois individualisée sous le nom de Dolomie à *Anoplophora* ;
- la Dolomie inférieure.

Selon des études récentes (P. Düringer inédit), la Dolomie inférieure pourrait être mise en corrélation avec le Muschelkalk terminal de la série type du Trias du Kraichgau (H. Brunner, 1973) et seules les deux autres assises formeraient réellement le Keuper inférieur. La Dolomie limite étant généralement peu épaisse et des coupes de sondages (sondages pétroliers de Soultz-sous-Forêt ; cf. J. Ricour, 1962), lui ayant vraisemblablement adjoint la Dolomie à *Anoplophora*, les deux formations supérieures ont été regroupées sous la notation t6b. Comme dans de nombreuses séries régressives, les limites de faciès sont vraisemblablement diachrones à l'échelle du bassin ; la microflore est d'âge Ladinien supérieur (P. Düringer et J. Doubinger, 1985).

Pour des raisons graphiques, la Lettenkohle n'a pas été différenciée dans le Champ de fractures de Wissembourg. L'épaisseur totale des assises de la Lettenkohle serait voisine de 30 m.

**t6a. Dolomie inférieure** : dolomies et calcaires dolomitiques. Cet ensemble essentiellement carbonaté, se distingue nettement des Couches à cératites sous-jacentes par sa teinte généralement ocre et la présence fréquente à l'affleurement de bancs plus ou moins caverneux. Il est constitué par une succession irrégulière de bancs de dolomie et de calcaire dolomitique qui peuvent être épais à la base (20 à 40 cm), mais se présentent aussi en bancs minces, plus ou moins fragmentés en plaquettes. La roche est souvent dure, plus rarement friable ; son grain est généralement fin, parfois grenu. Les bancs peuvent être séparés par des intercalations silto-argileuses, généralement peu épaisses. Des niveaux glauconieux sont connus aux environs de Niederbronn (L. van Werveke, 1897) et des bone beds ont été fréquemment observés dans la région. Les bancs peu affectés par la dolomitisation sont souvent fossilifères. La faune est celle du Muschelkalk supérieur, appauvrie, et quelques genres et espèces s'accommodant de conditions saumâtres sont généralement bien représentés: *Myophoria goldfussi*, *Anoplophora*, *Lingula tenuissima*. La Dolomie inférieure est épaisse au plus d'une dizaine de mètres. Les grandes différences d'épaisseurs de la formation: 4 à 10m observés dans les sondages pétroliers de Soultz-sous-Forêt (cf. J. Ricour, 1962), sont vraisemblablement liés à des variations locales de l'épaisseur cumulée des intercalations silto-argileuses dans la partie supérieure de la formation.

**t6b. Dolomie limite et « Marnes bariolées »**: silts argileux plus ou moins dolomitiques et calcaires. La partie moyenne de la Lettenkohle est principalement constituée de silts argileux, présentant quelques intercalations de dolomie grise ou jaunâtre et de grès plus ou moins dolomitiques. Contenant fréquemment des bois flottés, ces derniers sont les témoins d'un apport détritique continental. Les silts ont une teinte variable, grise, verdâtre, beige ou brun-rouge. Les teintes rougeâtres correspondant probablement à des apports continentaux déposés en milieu non réducteur. Les empreintes d'esthéries peuvent être nombreuses dans les silts et les grès. Une quarantaine de kilomètres plus au Sud, P. Düringer (1982 et 1984) a observé des traces d'émersion littorale dans les faciès détritiques fins.

La fouille de la piscine municipale de Niederbronn, 75 m au Sud de la limite méridionale de la carte, a mis à jour une coupe partielle assez caractéristique des Marnes bariolées (épaisseurs en mètres) ; de haut en bas :

—0,30 à 0,40 silt argileux vert clair ;

—0,05 dolomie altérée de couleur rouille, d'aspect marneux ;

—0,50 silt argileux vert clair à débit plus ou moins noduleux, s'épaississant vers le Nord jusqu'à 0,70 m ;

—0,70 silt lie de vin à débit noduleux (cf. *Flammen Dolomit* ou Grès à traces fucoides des anciens auteurs) ; niveau repère de teinte lie de vin dans la région de Saverne) ;

—visible sur 2 m, silt gris compact, plus ou moins lité à débit noduleux.

Minces dans la partie inférieure de la formation, les intercalations dolomitiques peuvent être plus nombreuses et plus épaisses dans sa partie supérieure parfois différenciée sous le nom de *Dolomie à Anoplophora*. L'épaisseur de l'ensemble peut atteindre une vingtaine de mètres.

Le sommet de la Lettenkohle est souligné par un ou plusieurs bancs de dolomie contenant généralement de très nombreuses empreintes de fossiles ; niveau repère connu sous le nom de Dolomie limite. Le faciès le plus typique correspond à une lumachelle à coquilles dissoutes parmi lesquelles prédominent les myophories (en particulier, *Myophoria goldfussi*). Elle présente une consistance sableuse à l'altération. La Dolomie limite peut aussi renfermer des lamellibranches de la faune du Muschelkalk supérieur qui témoignent de son origine marine (E.W. Benecke, 1914). C'est probablement l'épisode sténohalin qui amorce le régime lagunaire sursalé des Marnes irisées inférieures.

### **Keuper moyen (Marnes irisées)**

Le terme Keuper moyen regroupe l'ensemble des terrains compris entre la Lettenkohle et le Rhétien, selon la terminologie initiale du Trias germanique. Il correspond au sens restreint français du Keuper dont l'abandon a été recommandé par le groupe français du Trias. Riche en évaporites et constitué en grande partie d'argiles silteuses bariolées de teintes vertes, gris foncé et lie de vin appelées «Marnes irisées », malgré une teneur en carbonates souvent faible, le Keuper moyen forme un ensemble lithologique bien individualisé. Il correspond à un long épisode lagunaire dans l'ensemble du bassin avec sursalure fréquente (gisements de sel gemme en Lorraine). Assez variable en raison de la dissolution fréquente de couches d'évaporites, sa puissance est importante et généralement comprise entre 130 et 150 m, mais beaucoup plus faible qu'en Lorraine. L'aire couverte par le massif vosgien apparaît comme une zone de moindre subsidence. Les différences d'épaisseurs entre les deux régions sont cependant exagérées par l'importance des dissolutions d'évaporites autour du massif où les assises du Keuper moyen affleurent. En Lorraine, la Formation salifère, comprise entre les Couches à pseudomorphoses et les Couches à esthéries, a livré une microflore d'âge Carnien inférieur (D. Geisler *et al*, 1978).

t7. **Marnes irisées inférieures** : silts argileux plus ou moins dolomitiques et calcaires, passées à gypse et anhydrite. Formation la plus épaisse du Keuper moyen pouvant atteindre et dépasser 100 m (105 m dans le sondage 8-50), les Marnes irisées inférieures affleurent au NE de Langensultzbach, dans les entailles des ruisseaux en rive gauche de la Sauer, en aval de Lembach et dans le Champ de fractures de Wissembourg. Les coupes sont rares, peu épaisses et généralement assez altérées et ne permettent pas d'observer correctement la série, connue dans ses grandes lignes par les affleurements du Champ de fractures de Saverne et les sondages pétroliers du champ pétrolier de Pechelbronn.

La série débute par des argiles dolomitiques verdâtres à grises, contenant parfois des nodules de dolomie celluleuse. Vers le haut, ces couches qui rappellent encore certains faciès de la Lettenkohle moyenne, passent au faciès

typique des « Marnes à pseudomorphoses de sel ». Formant l'essentiel de la masse des Marnes irisées inférieures, celles-ci sont principalement constituées par des argiles plus ou moins silteuses et dolomitiques verdâtres, souvent foncées, parfois bariolées de rouge. Elles sont souvent finement litées. Dans les délits, s'observent fréquemment des pseudomorphoses de cristaux de sel gemme. Reconnaisables par leur forme cubique, ces dernières apparaissent également à la surface de minces bancs de grès quartzitiques intercalés dans la série. A l'altération, ces grès donnent des plaquettes qui constituent un excellent indice de la formation à la surface des champs. En sondage, ces couches contiennent fréquemment des masses lenticulaires de gypse.

Les Marnes à pseudomorphoses de sel sont recouvertes par des argiles de composition peu différente, mais beaucoup plus bariolées et contenant des nodules de quartz corrodés ; ce sont les « Marnes à nodules de quartz » des anciens, dont l'épaisseur est généralement voisine de 10 m.

Les Marnes irisées inférieures se terminent par des argiles dolomitiques gris-noir ou gris-vert, avec des intercalations de lits dolomitiques ou gréseux, connues sous le nom de Couches à esthéries (*Estheriensschichten* de H. Thurach), du nom de leur fossile habituel *Isaura (Estheria) latitexta*. Leur épaisseur est peu importante, 5 m environ. Les lits gréseux peuvent contenir des restes de végétaux (*Equisetum*).

**t8. Dolomie moellon, Marnes irisées moyennes, Grès à Roseaux.** Ces terrains n'affleurent pas, mais sont représentés dans le Champ de fractures de Wissembourg, sous les Argiles de Chanville et à plus grande profondeur dans le Fossé rhénan. La base de cet ensemble est constituée par un faciès argilo-silteux bariolé ou calcaréo-dolomitique recoupé par des corps gréseux à débris végétaux, principalement des fougères (*Pterophyllum jaegeri*) et des *Equisetites*, genre voisin des prêles, jadis confondus avec des roseaux d'où le nom de la formation. Ces corps sont constitués par un grès à grain moyen à fin, verdâtre à gris verdâtre, légèrement micacé et feldspathique. Selon C. Palain (1966), il ne représente qu'un terme d'une séquence détritico-fluviatile comprenant à la base une brèche intraformationnelle à intraclastes argileux et grands fragments d'*Equisetites arenaceus*, puis un sable ou grès homogène à fins débris végétaux, un sable ou grès psammitique à stratification plane ou ondulée (rides de courants), une siltite, des lignites, un shale et une argilite. Cette séquence est souvent tronquée, les chenaux, larges de quelques mètres à quelques centaines de mètres se recoupant généralement. L'ensemble de ces chenaux élémentaires constituent les corps gréseux, larges de 10 à 15 km et allongés du Nord vers le Sud. Le Grès à roseaux est d'âge carnien moyen. L'épaisseur de ces corps gréseux est très variable et généralement comprise entre 1 et 10 m. Elle est de 5 m dans le sondage 7-72 ; la puissance anormale, égale ou supérieure à 22 m dans le sondage voisin 7-71 pourrait être liée à des dérangements tectoniques, mais des épaisseurs anormalement importantes sont habituelles dans cette formation. Selon C. Marchai (1983), ces dernières pourraient correspondre à des zones de dissolution d'évaporites antérieures ou contemporaines du dépôt.

Les **Marnes irisées moyennes** sont des argiles plus ou moins silteuses et dolomitiques, très bariolées, rouges, gris violacé, vertes, blanc-beige ou gri-



ses. Elles sont plus ou moins indurées et peuvent renfermer des intercalations de grès argileux tendres. L'épaisseur des Marnes irisées moyennes est faible ; quelques mètres au plus.

La **Dolomie moellon** (= Dolomie de Beaumont = Dolomie moyenne) est un niveau repère remarquable. Son faciès le plus caractéristique est une dolomie beige à grain fin (dolmicrite syngénétique ; F. Baroz, 1967) se débitant en petits blocs parallélépipédiques. Mais elle montre souvent aussi un faciès cellulaire. Elle peut se présenter en un seul ou plusieurs bancs, parfois séparés par des niveaux plus tendres silteux et argileux. Son épaisseur est faible, quelques mètres au plus.

t9a. **Argiles de Chanville** : silts argileux rouges avec éventuellement gypse et anhydrite. Reconnaisable par leur teinte, les argiles de Chanville affleurent dans un étroit panneau du champ de fractures de Wissembourg. Elles sont plus ou moins dolomitiques et peuvent contenir du gypse ou de l'anhydrite. Dans le sondage 7-72, leur épaisseur serait de 4 m. Au centre du bassin germanique, cette formation (*Gipskeuper* supérieur) date du Carnien supérieur.

t9b. **Marnes irisées supérieures** : silts argileux, plus ou moins dolomitiques. Très reconnaissables par leurs teintes bariolées «délavées» gris-beige, vert d'eau, mauves à lie de vin les Marnes irisées supérieures affleurent dans un étroit panneau du Champ de fractures de Wissembourg. Des couches de teintes gris-bleu, vert foncé ou rouge contrastent fortement avec les teintes délavées. Elles sont plus ou moins indurées et la dolomie prédomine généralement dans les bancs les plus durs, souvent gris-bleu ou blancs et qui présentent fréquemment une cassure conchoïdale. Épais au plus de 0,35 m, ceux-ci apparaissent surtout dans les deux tiers inférieurs de la formation. A l'altération, ils s'effritent en petits fragments anguleux, à cassure conchoïdale, assez caractéristiques. Les Marnes irisées supérieures ne contiennent pas d'intercalations à gypse ou anhydrite. Leur épaisseur cumulée avec celle des argiles de Chanville est de 35 m dans le sondage de Schoenenbourg 1 (8-50) ; tableau III. Au centre du bassin germanique, cette formation date du Norien.

### Rhétien à Aalénien

Sur la feuille, les terrains d'âge secondaire postérieurs au Keuper ne sont conservés que dans le Fossé rhénan où les sondages pétroliers ont rencontré les différents termes de la série jusqu'à l'Aalénien avec leur faciès habituel dans le Nord de l'Alsace. La plupart de ces derniers affleurent sur les feuilles voisines de Haguenau et Bouxwiller. Nous renvoyons donc le lecteur aux notices de ces cartes pour la description des faciès. Nous indiquons ci-dessous les différentes formations de la série avec leur épaisseur probable, difficile à déterminer avec précision sur les coupes de sondages qui les ont traversés. Ces derniers sont tous localisés dans la partie méridionale de la feuille : sondages 7-71 et 7-72 (Marienbronn 101 et 102) et 8-50 (Schoenenbourg 1).

#### Keuper supérieur (Rhétien)

— Partie inférieure : grès, rares conglomérats et siltites ; 5 à 20 m.

| CHOIX DE SONDAGES PROFONDS<br>(Sondages pétroliers) |                          | Numéro sur la carte (Archivage S.G.N.)                |  | 7-68  | 7-51                    | 7-72                     | 7-71                 | 7-54               | 7-57               | 8-27                  | 8-59                  | 8-51                   | 8-50                   | 8-52                 |                     |         |  |
|---|--------------------------|---|--|---|-------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|---------|--|
|   |                          | Société de forage<br>Lieu                             | PSAEM<br>Lampertsloch                    | PSAEM<br>Lampertsloch                       | TOTAL-EX<br>ampertsloch | TOTAL-EX<br>Lampertsloch | PSAEM<br>Lobsann     | PSAEM<br>Lobsann   | PSAEM<br>Lobsann   | PSAEM<br>Lampertsloch | PSAEM<br>Drachenbronn | PSAEM<br>Schoenenbourg | PREPA<br>Schoenenbourg | SRM<br>Bremmelbach   |                     |         |  |
|   |                          | Numéro initial du forage                              | 3 398                                    | 4 414                                       | Marienbronn<br>102      | Marienbronn<br>101       | 4 684                | 3 917              | 4 527              | 4 559                 | 3 700                 | Schoenenbourg<br>1     |                        |                      |                     |         |  |
|   |                          | Année de réalisation                                  | 1932                                     | 1947  | 1983                    | 1982                     | 1951                 | 1938               | 1949               | 1950                  | 1935                  | 1954                   |                        |                      |                     |         |  |
|   |                          | Coordonnées Lambert                                   | x<br>y                                   | 1 001,00<br>154,925                         | 1 001,32<br>155,14      | 1 001,210<br>155,411     | 1 001,385<br>155,480 | 1 001,46<br>155,65 | 1 001,26<br>155,78 | 1 002,11<br>156,35    | 1 002,25<br>154,65    | 1 003,91<br>157,365    | 1 008,12<br>155,34     | 1 007,138<br>157,825 |                     |         |  |
| PLIO-QUATERNAIRE (Cote au sol)                      |                          |   | 222                                      | 250   | 262                     | 266,5                    | 265                  | 281                | 221                | 215                   | 248                   | 196                    | 165                    |                      |                     |         |  |
| OLIGOCÈNE   | STAMPIEN<br>RUPÉLIEN     | Couches à melettes                                    | g2c                                      |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        | - 10                   |                      |                     |         |  |
|   |                          | Schistes à poissons                                   | g2b                                      |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 135                |                     |         |  |
|   |                          | Marnes à foraminifères                                | g2a                                      |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 150                |                     |         |  |
| ÉOCÈNE  | PRIABONIEN<br>LATDORFIEN | Couches de Pechelbronn                                | g1                                       | Sup.  | - 5                     | - 7                      | - 5                  | - 7                | - 10               | - 7                   | - 20                  | - 11                   | - 7                    | - 167                | xx 0 <sub>xxx</sub> |         |  |
|   |                          | Moy. (C. à hydrobies)                                 |  | - 177                                       | - 238                   | - 187                    | - 204                | - 192              | - 226              | - 271                 | - 265                 | Faïlle                 | - 450                  | - 391                |                     |         |  |
|   |                          | Inf.  |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 400                | - 510               |         |  |
| JURASSIQUE  | LIAS                     | Couche rouge  |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 415                | - 580               |         |  |
|   |                          | Zone dolomitique                                      |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 495                |                     |         |  |
|   |                          | Zone de transition                                    |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 495                |                     |         |  |
| TRIAS   | KEUPER                   | Rhétien   | t9b<br>t9a<br>t8<br>t7<br>t6b<br>t6a     | Grès marneux<br>Marnes                      |                         |                          | - 565                | - 571              |                    |                       |                       |                        |                        | - 809                |                     |         |  |
|   |                          | Marnes irisées supérieures<br>Marnes rouges gypseuses |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 832                |                     |         |  |
|   |                          | Dolomie, marnes irisées moyennes                      |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      | - 957               |         |  |
|   |                          | Grès à roseaux  |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      | - 978               |         |  |
|   |                          | Marnes irisées inférieures                            |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      | - 1 007             |         |  |
|   | MUSCHELKALK              | supérieur   | t5b<br>t5a<br>t4b<br>t4a<br>t3b<br>t3a   | Argiles, marnes rouges<br>Grès              |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      | - 1 042             |         |  |
|   |                          | moyen   |  | Dolomie limite<br>argiles bariolées         |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      | - 1 072             |         |  |
|   |                          | inférieur   |  | Calcaire et dolomie                         |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      | - 1 177             |         |  |
|   |                          |   |  | Couches à cératites<br>Calcaire à entroques |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      |                     | - 1 206 |  |
|   |                          |   |  | Dolomie à lingules<br>Marnes bariolées      |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      |                     | - 1 251 |  |
| BUNTSAND<br>STEIN                                   | supérieur                | t2b<br>t2a<br>t1b<br>t1a                              | Dolomie, marnes, calcaires ondulés       |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        | - 1 266              |                     |         |  |
|   | inférieur                |   | Grès coquillier                          |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      |                     |         |  |
|   |                          |   | Grès à Voltzia<br>Couches intermédiaires |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      |                     |         |  |
| PERMIEN   |                          | r   |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      |                     |         |  |
| SOCLE HERCYNIEN                                     |                          |   |  |   |                         |                          |                      |                    |                    |                       |                       |                        |                        |                      |                     |         |  |
| FOND DU FORAGE                                      |                          |   | - 280                                    | - 900                                       | - 789                   | - 904                    | - 691                | - 556,7            | - 740              | - 733                 | - 159                 | - 1 270                | - 701                  |                      |                     |         |  |

Tableau III - Choix de sondages profonds (Sondages pétroliers). Profondeur du toit des principales formations.

J\* Jurassique indifférencié

xx Coupe M. Gignoux

xxx Coupe R. Schnaebèle

+ Formation vraisemblablement représentée, mais dont les cotes ne sont pas connues ou discutables

— Partie supérieure : Argiles de Levallois ; argiles silteuses, principalement de teinte rouge ; 5 à 7 m.

## Lias

- **Hettangien-Sinémurien inférieur** : Calcaire à gryphées ; alternance de calcaires et de marnes, probablement tronqué par faille dans les 3 sondages ; 40 m.
- **Sinémurien supérieur** : marnes lotharingiennes ; entre 20 et 30 m.
- **Carixien** : marnes à *Zeilleria numismalis* ; 5 m environ.
- **Domérien** : marnes à ovoïdes ; 40 m, Marnes à septarias ; 5 à 6 m, et Banc calcaire de Kirrwiller 1 à 2 m au plus.
- **Toarcien** : marnes à Posidonomies : 15 à 20 m ; Couches à Jurense et Couches à *Astarte voltzi*, argiles silteuses plus ou moins calcaires ; 40 m. L'Aalénien mentionné sur les coupes des sondages correspond vraisemblablement à ces dernières formations, rattachées précédemment à cet étage. Le Toarcien manque dans la région de Wissembourg.

**P** **Formation pliocène recouvrant des marnes à ovoïdes.** Dans un l6 étroit panneau du champ de fractures de Wissembourg, les Marnes à ovoïdes du Domérien ont été identifiées sous un lambeau de sables et graviers attribués au Pliocène.

## FORMATIONS TERTIAIRES

Les terrains tertiaires ne sont représentés qu'au Sud-Est de la carte, dans le Fossé rhénan. Pour le Nord de l'Alsace, la coupe de référence du Tertiaire rhénan est celle du bassin pétrolifère de Pechelbronn auquel appartient l'extrémité sud-est de la carte. La série est essentiellement connue par les très nombreux sondages profonds effectués dans le bassin ; R. Schnaebeli en a effectué la dernière monographie en 1948. Ce travail a été complété par C. Sittler (1965), dans une synthèse couvrant l'ensemble du Fossé. Les descriptions générales seront essentiellement empruntées à ces deux ouvrages. Le tableau III donne les profondeurs du toit des formations géologiques dans les principaux sondages implantés sur la carte. La stratigraphie du Tertiaire de Pechelbronn est figurée sur le tableau IV. L'épaisseur de la série peut atteindre et dépasser 2 000 m, mais seule la moitié inférieure de la série est représentée sur la feuille, avec une puissance maximale voisine de 800 m, sa partie supérieure ayant été érodée. Non affleurantes, les formations les plus anciennes seront d'abord décrites succinctement avant de traiter les terrains accessibles à l'observation. Exceptionnellement, les termes de « zone » et « couche » désignent des formations dont l'épaisseur peut dépasser plusieurs centaines de mètres. Les « marnes » mentionnées dans les coupes de sondages anciens sont principalement des argiles calcaires au sens sédimentologique moderne (moins de 25% de carbonates). Faute de précisions analytiques, le terme de marnes sera conservé dans les descriptions suivantes. La fraction carbonatée est souvent dolomitique. La phase argileuse, étudiée par C. Sittler (1965) est principalement constituée d'illite. La kaolinite, prédominante dans les faciès argileux de l'extrême base de la série, est pré-

sente en quantités de plus en plus faibles vers la partie supérieure de la série. La chlorite apparaît à l'Éocène supérieur et se maintient en faibles quantités jusqu'au sommet de la série. Les smectites deviennent abondantes dans les Couches à melettes. Enfin, les calcaires lacustres du Lutétien peuvent renfermer de l'attapulгите. L'évolution du climat et de la végétation ont été récemment reconstitués par l'étude des pollens (M.Schuler, 1988) ; voir le tableau IV.

**Lutétien à Stampien inférieur** (Tertiaire non affleurant)

**Zone de transition (ou Couches de transition).** Ces termes regroupent des dépôts peu épais et à lithologie variée correspondant au début de la sédimentation dans la première ébauche du Fossé rhénan. Habituellement caractérisée par des argiles à pisolithes ferrugineux, des conglomérats à galets calcaires et des calcaires lacustres, elle est probablement discontinue. Ces dépôts ont été datés du Lutétien inférieur à moyen à Bouxwiller, Bas-Rhin (A. Andreae, 1883 ; J.J.Jaeger, 1971 ; L. Grambast, 1972 ; M. Schuler et M.F. Ollivier, 1982 et M.Schuler, 1988) et du Lutétien moyen à Landau, Palatinat (R. Breuer et M. Feist, 1986). Sur la carte, elle n'a été identifiée que dans les sondages 8-27 et 8-59 où elle est représentée par des marnes brunes, grises et limonitiques surmontées par des marnes vertes et blanchâtres. Cet ensemble marneux a 13 m d'épaisseur dans le premier sondage et 20 m dans le second.

**Zone dolomitique.** Elle est constituée par des marnes plus ou moins dolomitiques bariolées rouges vertes, brunes, grises ou jaunes, contenant fréquemment de l'anhydrite, parfois accompagnée de gypse. Sa base est définie par le premier niveau d'évaporite, généralement de l'anhydrite, au-dessus de la Zone de transition. Sur les coupes de sondages, sa subdivision habituelle en Marnes à anhydrite à la base et Marnes dolomitiques au sommet n'est pas indiquée. L'anhydrite est mentionnée dans toutes ses parties et dans le sondage 7-54, la dolomie est abondante dans sa moitié inférieure. La Zone dolomitique comprend fréquemment quelques passées sableuses notamment 40 à 70 m au-dessus de sa base ainsi que quelques passées calcaires, souvent conglomératiques. Elle marque le début de l'importante période d'accumulation sédimentaire dans le Fossé rhénan proprement dit, liée au jeu principal d'effondrement de cette structure. L'importance inégale, selon le lieu et le temps, de la subsidence tectonique joint au caractère propre de la sédimentation évaporitique, explique les grandes variations d'épaisseur observées dans cette formation et les suivantes.

Épaisseur de la Zone dolomitique dans les principaux sondages profonds localisés sur la feuille Lembach :

|               | Proximité de<br>la faille rhénane |      |      | Tronquée<br>par faille |      |      |      |
|---------------|-----------------------------------|------|------|------------------------|------|------|------|
| Sondage       | 7-12                              | 7-71 | 7-54 | 7-51                   | 8-27 | 8-59 | 8-50 |
| Épaisseur (m) | 118                               | 86,5 | 71   | 180                    | 177  | 170  | 314  |

Dans la concession de Pechelbronn, la Zone dolomitique a fourni quelques fossiles (S. Gillet, 1950) dont : *Limnaea longiscata*, var. *Orelongo*, *Brotia albigensis* et *Potamides aporoschema*, ensemble d'âge ludien (Priabonien)

**Tableau IV - Stratigraphie et évolution de la végétation dans le Fossé rhénan (Bassin de Pechelbronn, principalement) d'après C. Sittler, 1965 ; C. Cavalier, 1979 (Colonnes de gauche) et M. Schuler, 1988 (Colonnes de droite)**

| Sittler (1965)      | Cavalier (1979)                              | Série de Pechelbronn  | Épaisseur sur la feuille (mètres)  | Lithologie (Lampertsloch, Lobsann)   | Zones de mammitères représentées dans le Fossé rhénan  | Zones palyno Schuler 1988 | Flore pollinique  | Palynostratigraphie   | Pollen Bilder   | Végétation (Bordures du fossé)  | Environnement   | Climat   |   |
|---------------------|--|---|------------------------------------|--|--|---------------------------|---|---|---|---|---|--|---|
| RUPELIEN            | STAMPIEN SUPERIEUR                           | Couches à mélettes  | incompl.                           | Marnes gris clair, sableuses et micacées   |  | ?                         | dominance des Pinacées  | <i>Slowakipollis hippophaeoides</i>   |   | Forêt d'altitude et d'arrière pays  | Trangression marine dépassant les anciennes bordures  | Climat à tendances plus tempérées et plus humide   |   |
|                     |  | Schistes à poissons   | 10                                 | Marnes feuilletées bitumineuses  |  | VII                       |   |   |   |   |   |  |   |
| LATORFEN            | STAMPIEN INFÉRIEUR (Facès sarnolsien inclus) | Marnes à foraminifères lacune de sédimentation<br>Calcaire de Lobsann | 10 à 30                            | Marnes grises  | RONZON   | VI                        | 2 <sup>e</sup> développ. des Pinacées   | <i>Caryapollenites simplex</i>  | CALAU   | Forêt humide marécageuse bien développée<br>Forêt sèche et sclérophylle de collines<br>Forêt d'altitude<br>Développement important de la forêt sclérophylle, méditerranéenne<br>Forêt humide peu développée<br>Disparition des taxons sempervirents | Au sommet de la formation tendance à l'émersion et développement des zones palustres<br>Paysages variés avec des reliefs de haute et moyenne altitude et des zones basses marécageuses<br>Baisse importante du niveau de l'eau<br>Paysages de collines sèches<br>Formation de pétrole | Climat mixte à influences subtropicales méditerranéennes et tempérées  |   |
|                     |  | Couches de Pechelbronn supérieures                                    | 200 à 400                          | Marnes à gypse et anhydrite<br>Marnes rouges<br>Marnes vertes, conglomérats                    |  | V                         | Angiospermes diversifiés  |   |   |   |   |  | <i>Aglaoreidia cyclops</i><br><i>Graminidites</i> spp.<br><i>Dicolpopollis kockelli</i><br><i>C. heskemensis</i><br><i>Pentapollistriatus</i> |
|                     | OLIGOCÈNE                                    | Couches de Pechelbronn moyennes                                       | 40 à 80                            | Zone à Hydrobies<br>Zone à Bryozoaires<br>Zone à Mytilus                                       | Marnes limonitiques et gréseuses<br>Marnes grises<br>Marnes à intercalations de sables et grès calcaires | SOUMAILLES                | IV  | dominance des Pinacées  |   | HESKEM  | Développement de la forêt d'altitude et de collines   | Ennoyage des bordures et élévation du niveau de l'eau<br>Relations épisodiques avec la mer<br>Reliefs plus nets        | Climat à tendance humide sur les reliefs et chaud humide en plaine  |
|                     |  | ÉOCÈNE  | Couches de Pechelbronn inférieures | 100 à 200  | Marnes bariolées, dolomitiques rubanées, sables, conglomérats rares calcaires                            | FROHNSTETTEN              | III   | Importance des Pinacées<br>Pteridophytes<br>Bryophytes<br>Angiospermes diversifiés  | <i>Nagypollis globus</i><br><i>Mediolcolpi compactus</i><br><i>Aglaoreidia cyclops</i><br><i>Plicap. pseudoexcelsus</i><br><i>Plicatop. plicatus</i><br><i>Subtripoan, anulatus</i> | HESKEM  | Légère régression de la forêt dense humide<br>Extension des forêts plus sèches  | Vers le sommet extension des zones palustres et tendances au confinement<br>Reliefs plus prononcés                     | Climat intermédiaire subtropical à méditerranéen  |
| PRIABONIEN (LUDIEN) | Couche rouge                                 |   | 50 à 100                           | Marnes dolomitiques ou argileuses  | MONTMARTRE   |                           |   |   | ZETZ  | Dominance de la forêt dense humide marécageuse<br>Diversification des forêts sèches sclérophylles<br>Dominance de la forêt dense humide sempervirente et de la laurisilve<br>Forêt sèche et chênaie mixte peu développée                            | Vers le sommet de la formation développ. de reliefs plus importants<br>Zones basses inondables bien développées<br>Indices de mangrove<br>Zones basses et marécageuses bien développées autour du bassin peu de reliefs   | Climat subtropical humide<br>Saison sèche peu marquée et courte<br>Climat subtropical humide<br>Saison sèche et courte |   |
|                     | Zone dolomitique                             |   | 100 à 250                          | Marnes dolomitiques (anhydrite fréquente)  | LA DÉBRUGE   | II                        | 1 <sup>er</sup> développ. des Pinacées  | <i>Nagypollis globus</i> ,<br><i>Pl. pseudoexcelsus</i> ,<br><i>Pl. plicatus</i><br><i>Pent. pentangulus</i>  | ETZDORF   |   |   |  |   |
| Lutétien            | BARTON ? à LUTETIEN                          | Couche de transition  | 0 à 20                             | Marnes vertes et blanches, conglomérats calcaires, Calcaires lacustres, dépôts sidérolithiques | BOUXWILLER   | I                         | importance des ptéridophytes rareté des cupressacées<br>Palmées,<br>Myricacées,<br>Aquitol. | <i>Gallopollis minimus</i><br><i>retio</i> voip. <i>loburgensis</i><br><i>C. glorogensis</i> , <i>Pentap. pentangulus</i> , <i>Pl. pseudoexcelsus</i> , <i>Pl. plicatus</i><br><i>L. labraferus</i> | BORKEN  | Dominance de la forêt dense humide sempervirente et de la végétation marécageuse  | Paysage de petites dépressions humides et de lacs sans reliefs prononcés  | Climat tropical et subtropical   |   |

selon C. Cavelier (1979). Vers le Nord, la Zone dolomitique passe aux Marnes à limnées, bien représentées au Palatinat.

**Couche rouge.** Formation locale, limitée au bassin de Pechelbronn et au Palatinat, la Couche rouge a été utilisée comme horizon repère de la base des Couches de Pechelbronn qui étaient jadis considérées comme la seule formation pétrolifère de la région. Elle est constituée par des marnes dolomitiques ou argileuses rouge brique à rouge vineux, à nodules d'anhydrite inégalement répartis. Ceux-ci sont petits et souvent entourés par une pellicule de gypse fibreux. Les intercalations sableuses ou gréseuses sont rares. Le sondage 8-50 en mentionne cependant dans les parties inférieure et supérieure de la formation. La Couche rouge est presque azoïque et ne contient que de rares limnées. Elle s'est formée dans une aire de sédimentation non réductrice où se déposaient principalement des apports continentaux fins. Épaisseur de la Couche rouge :

|                | Tronquée<br>par faille |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|
| sondage        | 7-51                   | 7-72 | 7-71 | 7-54 | 8-27 | 8-59 | 8-50 |
| épaisseurs (m) | 95                     | 90   | 76,5 | 59   | 76   | 80   | 95   |

**Couches de Pechelbronn.** Cette formation comprend une série assez variée, mais bien délimitée à la base par la Couche rouge et au sommet par les Couches à foraminifères, très caractéristiques. Réservoir des premiers gisements de pétrole exploités dans la région, les Couches de Pechelbronn sont constituées par « un ensemble hétérogène, de sédiments multicolores, bigarrés, d'une extrême diversité de constitution pétrographique, d'origine lagunaire, déposés dans des eaux saumâtres, salées, douces ou sursalées » (R. Schnaebele, 1948). Très variable, leur épaisseur varie de 400 m (bordure sud de la feuille) à plus de 700 m (sondage 8-52). Un ensemble de niveaux très fossilifères (Zone fossilifère = Couches de Pechelbronn moyennes) permet de les subdiviser en trois ensembles. Dans sa note sur la faune des invertébrés des Couches de Pechelbronn, S. Gillet (1950) a pris en compte les récoltes faites dans des sondages effectués à Keffenach, Lampertsloch et Lobsann.

● **Couches de Pechelbronn inférieures.** Elles sont représentées par un ensemble de marnes grises à vertes, plus rarement bariolées ou brunes limonitiques. Elles sont parfois rubanées et comprennent des intercalations sableuses gréseuses ou conglomératiques souvent nombreuses. La coupe la plus détaillée est celle du sondage « S.R.M. » de Bremmelbach (8-52) dans laquelle R. Schnaebele (1948) souligne l'abondance de grès et de conglomérats et la fréquence de la teinte rouge, indiquant un milieu littoral. De nombreuses intercalations détritiques ont été également observées dans le sondage 7-70 qui comprend aussi quelques passées ligniteuses dans la partie inférieure de la formation. Généralement voisine de 130 m, leur épaisseur n'est pas toujours connue avec précision, la limite avec la Zone fossilifère étant rarement indiquée sur les coupes de sondages. Elle est plus faible dans le sondage 8-59 (environ 100 m) et plus importante dans celui de Bremmelbach (plus de 190 m). Les Couches de Pechelbronn inférieures contiennent encore des mollusques d'eau douce (limnées). Les espèces saumâtres, plus nombreuses dans la partie supérieure de la formation, comprennent dans le

bassin : *Mytilus socialis*, *Potamides aporoschema* (à la base de la formation) et surtout *Nystia plicata*, *Pseudocyrena convexa*, qui avec *Cyrena (Batissa) aff. obtusa* forment une association caractéristique du Ludien supérieur (C. Cavelier, 1979). Les Couches de Pechelbronn inférieures ont également fourni des crustacés (*Cypris*, *Eosphaeroma margarum*), des restes végétaux : des characées (*Chara petrolei*) et des lauracées (*Cinnamomum*) ; enfin, à Rot Malsch, au Sud d'Heidelberg (R.F.A.), une petite association de mammifères avec *Palaetherium magnum magnum*, caractéristique de la zone de Montmartre *sensu lato* (H. Tobien, 1968).

- *Couches de Pechelbronn moyennes* (= Zone fossilifère). Ensemble de niveaux marneux à passées très fossilifères utilisées comme niveaux repères, les Couches de Pechelbronn moyennes ont été subdivisées en trois « zones » par les géologues miniers ; de haut en bas : Zone à hydrobies, Zone à bryozoaires et Zone à *Mytilus*.

—Zone à *Mytilus*. Dans les sondages types du bassin, les Couches de Pechelbronn inférieures passent progressivement vers le haut à des marnes rubanées avec des genres de crustacés de milieu lagunaire ou d'eau douce (*Eosphaeroma*, *Gammarus*), surmontées par des marnes gris brunâtre à gris verdâtre à hydrobies et cyrènes, observées dans le sondage 7-68. Ce dernier niveau comprend des intercalations de sables et grès calcaire. La zone se termine par des marnes grises et marno-calcaires en dalles ou plaquettes riches en coquilles de *Mytilus socialis*, généralement interprétées comme un dépôt marin, fait récemment controversé par P.Düringer (1988). L'épaisseur moyenne de la Zone à *Mytilus* est voisine de 30 m.

—Zone à bryozoaires. Elle est caractérisée par la présence de niveaux riches en bryozoaires filiformes ou en plaques isolés dans des marnes grises, plus ou moins litées, et elle constitue un niveau repère remarquable. Dans le sondage 7-68, elle comprend deux lits à bryozoaires, séparés par des marnes grises à nombreuses hydrobies, cyrènes encroûtées par des bryozoaires et rares *Mytilus* ; son épaisseur est de 7 m.

—Zone à hydrobies. Constituée principalement de marnes grises compactes à nombreux tests et moules d'hydrobies, la Zone à hydrobies comprend dans ce secteur, à sa base, une sous-zone à marnes gréseuses, riches en *Cyrena semistriata*, épaisse de 5 m dans le sondage 7-68.

Dans sa partie supérieure, la Zone à hydrobies contient des nodules de pyrite, oxydés à proximité du toit de la formation, bien repéré en sondage par l'apparition de « marnes limonitiques ». Ce dernier correspond à une surface d'érosion (R. Schnaebeler, 1948). L'épaisseur de la zone augmente vers le Nord :

| Localité      | Lampertsloch | Lobsann | Keffenach N. | Rott-Steinseltz |
|---------------|--------------|---------|--------------|-----------------|
| épaisseur (m) | 38           | 40      | 45           | 70              |

D'un point de vue stratigraphique, la Zone fossilifère correspond, selon C. Cavelier (1979) à l'apparition d'espèces stampiennes : *Mytilusfaujasi*, *Stenothyra pupa*, *Pseudamnicola angulifera*, *Tympanotonos labyrinthus*, *rhodanica*, de nombreuses espèces d'hydrobies et de *Melanoïdes* en particulier *Melanoïdes nysti*. Les mollusques d'eau douce sont peu nombreux. En outre, la Zone fossilifère contient une riche faune d'ostracodes et des débris végétaux (*Cinnamomum*).

### Stampien inférieur *p.p.* à Pliocène (Tertiaire affleurant)

g1. **Couches de Pechelbronn supérieures.** Affleurant dans leur partie sommitale de Lampertsloch à Rott, ces couches sont, comme les assises sous-jacentes, connues essentiellement par les coupes de sondages profonds. Elles présentent trois faciès dont les deux premiers ont été définis par R. Schnaebele (1948) : un faciès de bordure du « faciès normal », à l'Ouest de Lampertsloch ; un faciès d'eau douce, de Lampertsloch à Rott et le complexe du Calcaire asphaltique de Lobsann. Le plus souvent, les affleurements montrent des marnes et argiles verdâtres, plus rarement rougeâtres (Lampertsloch), contenant fréquemment des nodules calcaires. Elles s'altèrent en surface en donnant des terres lourdes, rougeâtres, grisâtres ou noirâtres, souvent hydromorphes. L'épaisseur de la formation est importante : 200 m environ à Marienbronn, 280 m à Lobsann, 411 m à Bremmelbach.

Le faciès de bordure du faciès normal est essentiellement caractérisé par l'abondance de marnes brunes à brun rougeâtre contenant des intercalations de gypse. Les marnes rouges sont abondantes dans le sondage 7-57 où elles contiennent des intercalations de conglomérats. Le gypse est présent dans la partie inférieure de la formation dans les sondages 7-68,8-27 et 8-59 où des marnes brunes à vertes prédominent. Ils comprennent en outre des intercalations de calcaire conglomératique, sables et grès.

Le faciès d'eau douce est beaucoup plus développé sur la feuille. Il est constitué par une succession de marnes et argiles souvent sableuses, vertes, verdâtres ou brunes, plus rarement bariolées, à nombreuses intercalations de grès et de conglomérats. Ces derniers sont fréquemment calcaires. R. Schnaebele a choisi le type de ce faciès dans le sondage 8-52 (Bremmelbach) où il renferme une faune d'eau douce : limnées, hélicidés, anodontes, crustacés du genre *Cypris* ainsi que des fragments végétaux (*Laurus*).

Le complexe asphaltique de Lobsann est un faciès particulier du sommet de la formation, localisé au Nord-Ouest de Lobsann, à la limite des deux autres faciès. Épais au maximum d'une cinquantaine de mètres, il est constitué par des alternances irrégulières de couches épaisses de quelques centimètres à un mètre de calcaires gris-brun asphaltiques ou blancs à rosâtres tendres, d'argiles sableuses, de sables bitumineux et de lignites, plutôt localisés au sommet du complexe. Des lentilles de conglomérats à gros galets de calcaires du Muschelkalk recoupent les autres sédiments qui ont été exploités pour l'asphalte, le bitume et le lignite. J.O. Haas et C.R. Hoffmann (1928) ont décrit le gisement et donné la coupe des anciennes exploitations souterraines connues sous le nom de mines de Lobsann (4-4004). Il s'étendait au Nord-Ouest de la route de Lobsann à Drachenbronn, à partir des affleurements calcaires figurés sur la carte jusqu'à la faille rhénane. Les fossés de la route recoupent un calcaire gris-brun dégageant une odeur putride au choc. Dans l'ensemble, la teneur en asphalte du calcaire augmentait en direction de la faille rhénane. Au contraire, vers l'Est, le complexe asphaltique devient stérile et passe latéralement au « faciès d'eau douce ». Il a livré également une faune dulçaquicole à continentale, avec quelques influences saumâtres, localisée sur la bordure pauvre en asphalte (A.Andreae, 1884, R. Schaebele, 1948). Elle comprend des mammifères : *Rhinoceros* sp., *Ente-*



lodon aff. *magnum*, *Bothriodon* (*Ancodus*) aff. *velaunus* et surtout *Antracotherium alsaticum* dont l'association a été utilisée comme zone stratotypique. Cette association correspond à la zone de Ronzon, d'âge oligocène inférieur. Les lignites et les faciès asphaltiques renferment des végétaux, notamment : *Juglans* sp., *Cinnamomum polymorphum*, *Chara voltzi* et *Sabal major* (décrit en particulier par G. Dubois, 1938).

g 1-2. **Conglomérat de Rott.** Les conglomérats de bordure du Fossé rhéna (jadis appelés « Conglomérat côtier ») affleurent à Lampertsloch, Drachenbronn, Cleebourg et Rott. Ils ont surtout été étudiés dans cette dernière localité où une intercalation gréseuse a livré une faune marine d'âge oligocène comprenant en particulier *Ostrea callifera*, *Cerithium conoidale*, *Lima sandbergeri* (Andreae *et al*, 1982 et Kessler, 1909). F. Doebl (in notice de la carte à 1/50 000 Seltz-Wissembourg) y a découvert des espèces de la microfaune des Marnes à foraminifères, d'âge stampien inférieur : *Cornuspira involvens*, *Bathysiphon* sp., *Cyclamina* sp. et *Ammobaculites humboldti*. Le Conglomérat de Rott repose sur les Couches de Pechelbronn et est recouvert par les Marnes à foraminifères.

Très hétérométrique, le Conglomérat de Rott est constitué de galets, souvent de grandes dimensions, de roches dures du Muschelkalk (calcaires et silixites), de galets de quartz remaniés du Buntsandstein et, plus rarement, de faciès durs du Keuper. De forme généralement bien arrondie, les galets sont parfois mêlés de fragments de roches plus anguleux. La matrice est gréseuse à calcaire. Le faciès conglomératique forme des bancs épais, de l'ordre du mètre, comprenant des intercalations de grès, d'argiles sableuses et de marnes. Selon C. Sittler (1965), la fraction argileuse de la base de la formation comprend une proportion assez importante de kaolinite, aux côtés de l'illite, prédominante dans la série et seule représentée dans la partie supérieure du conglomérat. Une étude d'ensemble des conglomérats de bordure du fossé (P. Düringer, 1988) confirme l'origine fluviatile des galets et montre que ces formations sont des 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.

A Rott, l'épaisseur du conglomérat est peu importante : 5 à 10 m.

**Série grise.** Aux Couches de Pechelbronn, à faciès géographiquement différenciés à grande échelle, succèdent des assises à lithologie très constante dans l'ensemble du Fossé rhéna, sans évaporites et de teintes grises uniformes. D'âge stampien, la série grise comprend quatre formations ; de haut en bas : les Marnes à cyrènes, les Couches à melettes, les Schistes à amphisyles et les Marnes à foraminifères. Elle débute par la transgression marine la plus nette et la plus générale de l'histoire du fossé (Marnes à foraminifères), mettant en communication la « Mer du Nord » avec la « Mer alpine » (W. Weiler, 1953). A cet épisode, succède une phase de sédimentation en milieu euxinique (Schistes à amphisyles) devenant un peu moins réducteur (Couches à melettes). La dernière formation, les Marnes à cyrènes, à faciès de dessalure n'est pas représentée sur la feuille où elle a probablement été érodée.

**g2a. Marnes à foraminifères.** Constituées par des marnes calcaires ou dolomitiques grises, généralement sans stratification apparente, elles sont caractérisées par leur richesse en foraminifères de grande taille. Jalonnant la grande transgression marine dans le Fossé rhénan à la fin du Stampien inférieur, elles constituent un niveau repère remarquable, d'autant plus que le mur et le toit de la formation sont généralement faciles à identifier sur les diagraphies et que leur toit constitue un excellent miroir sismique. Elles affleurent selon deux bandes; l'une SW-NE, au pied du Hochwald; la seconde subméridienne du bois de Schoenenbourg au Grossenwald. Dans cette dernière, la formation peut être encore observée au S-SE de Bremmelbach dans une argillère, aujourd'hui transformée en terrain de moto-cross, finement étudiée par F. Doebel *et al.* (1976) à qui nous emprunterons les éléments descriptifs suivants. Visibles sur 3,05 m, les Marnes à foraminifères inférieures y apparaissent constituées par une succession de couches de 5 à 70 cm d'épaisseur de marnes et marnolites silteuses grises, plus ou moins oxydées. Certains niveaux sont très calcaires, d'autres contiennent du gypse secondaire. Épaisses de 3,25 m, les Marnes à foraminifères supérieures débutent par un horizon très riche en foraminifères (*Rhabdomina*), puis leur lithologie diffère de l'assise sous jacente par la prédominance de la dolomie sur la calcite. Par leur microfaune (F. Doebel) et leur microflore (C. Müller, M. Schuler et H. Weiler; J.J. Châteauneuf, 1980; M. Schuler, 1988 et tableau IV), les Marnes à foraminifères se rapportent à la partie supérieure du Stampien inférieur. Peu profond, marin, bien aéré et assez chaud au cours du dépôt de l'assise inférieure, le milieu devient un peu réducteur et confiné.

L'épaisseur des Marnes à foraminifères est de 17 m dans le sondage 8-50.

**g2b. Schistes à amphisydes.** Également appelée «Schistes à poissons», cette formation affleure uniquement dans l'angle SE de la feuille en particulier dans l'ancienne argillère de Bremmelbach. Elle est constituée par des argiles silteuses finement litées, souvent papyracées (d'où le terme de schistes, impropre dans l'acceptation actuelle de ce nom), de teinte gris brunâtre, brun chocolat à noirâtre. Le litage est généralement souligné par des pellicules blanches calcareuses, correspondant à une accumulation de nannoplanton monospécifique (F. Doebel. *et al.*, 1976).

Les Schistes à amphisydes sont un dépôt plus ou moins bitumineux de milieu réducteur de type sapropel, riche en soufre, exprimé sous forme de pyrite ou de gypse secondaire. Les restes d'*Aeoliscus* (= *Amphisile* = *Centricus*) *henrichi*, poisson originaire de la mer périalpine (M. Leriche, 1927), localement abondants, ont longtemps servi à caractériser la formation. Cependant, ils ont une distribution plus large et ils sont encore représentés dans les Couches à melettes. Assez diversifiée, la microflore est oligocène (C. Sittler, 1965, M. Schuler *in* Doebel *et al.*, 1976, M. Schuler, 1988 et tableau IV).

Dans le sondage 8-50, l'épaisseur des Schistes à amphisydes est de 15 m.

**g2c. Couches à melettes.** Constituées de silts gris plus ou moins riches en calcaire et en argile, les Couches à melettes affleurent uniquement à la péri-

phérie du bois de Schoenenbourg, dans l'angle SE de la carte. Elles sont souvent sableuses et micacées et renferment généralement des intercalations de grès lenticulaires peu épais et un peu argileux. Ces bancs de grès renferment souvent des débris de plantes flottées appartenant principalement aux familles des Salicacées et des Lauracées, en particulier au genre *Daphnogene* (= *Cinnamomum*). Les niveaux fins renferment souvent des écailles de poissons dont la plupart appartiennent à l'espèce *Clupea* (= *Meletta*) *longimana*. Ce poisson n'est cependant pas caractéristique de la formation, car il est déjà représenté dans les Schistes à amphisyles. La microflore comprend des éléments de flore tertiaire plus anciennes et crétacées (C. Sittler, 1965), originaires du Nord (C. Muller, 1971). L'association autochtone, pauvre en espèces tropicales (Taxodiacées, Myricacées) indique un rafraîchissement climatique et semble correspondre à l'association de Bergisch-Gladbach (C. Sittler, 1965). Tronquée par érosion, la formation a une épaisseur de 125 m dans le sondage 8-50, soit moins de la moitié de sa puissance habituelle dans la région (300 m environ).

p. **Pliocène indifférencié : sables et cailloutis de Riedseltz.** Trois lambeaux de sables et graviers ont été attribués au Pliocène à la partie supérieure de la formation de Riedseltz. Ce nom est actuellement réservé aux sables non fossilifères attribués au Pliocène dans la région comprise entre Soultz-sous-Forêt et Wissembourg, par opposition au Pliocène daté de la région d'Haguenau-Soufflenheim. Les lambeaux figurés appartiennent à la partie supérieure de la formation, caractérisée par la présence de galets de quartzite, de silexites remaniées du Muschelkalk moyen et de gros galets et blocs peu émoussés et décolorés du Buntsandstein pouvant atteindre et dépasser 0,5 m. Selon A. Andreae *et al.* (1892), les galets roulés de silexite et de quartzite du Muschelkalk moyen pourraient être originaires du haut bassin versant d'une paléo-Lauter, mais il est également possible qu'ils proviennent du remaniement de conglomérats de bordure du fossé, plus élevés que le Conglomérat de Rott et aujourd'hui érodés.

### ***FORMATIONS SUPERFICIELLES, QUATERNAIRE***

Généralement meubles, les formations superficielles forment une couverture quasi continue sur l'ensemble de la feuille. Dans bien des secteurs, en particulier sur les reliefs où les versants sont presque entièrement recouverts par des formations de gélifluxion, leur représentation a moins d'intérêt que celle du substrat. Aussi n'ont-elles été figurées que lorsqu'elles ont une importance particulière, une grande épaisseur ou qu'elles masquent complètement le substrat. Contrairement aux autres formations répertoriées en fonction de leur âge, elles sont essentiellement classées par leur mode de mise en place. Elles comprennent des formations d'altération, des formations de piedmont et de versant, des formations éoliennes, des alluvions et des colluvions.

#### **Formations d'altération**

Souvent reprises dans les formations de versant par gélifluxion, les formations d'altération ne sont bien conservées que sur des replats étendus, en

particulier sur le Grès d'Annweiler et sur les formations du Muschelkalk et du Keuper. Dans la plaine d'Alsace, les formations tertiaires sont dans l'ensemble peu altérées en surface et bien reconnaissables ; des altérites n'ont donc été figurées que très localement.

*N* t. **Limons d'altération plus ou moins argileux des formations silto-argileuses et calcaires du Trias.** Cette notation indifférenciée a été utilisée lorsqu'une couverture d'altérites recouvre plusieurs formations du Trias, en particulier à l'Ouest et au Sud-Ouest de Climbach. Ce sont des limons plus ou moins sableux et argileux, lessivés en surface dans les zones bien drainées, sinon hydromorphes, à faciès pseudogley.

*N* t1a. **Limons d'altération sur Grès d'Annweiler.** Ce sont des limons de teinte brun clair, parfois figurés en loess sur les cartes anciennes. Leur localisation systématique sur le Grès d'Annweiler et la présence de menus fragments de grès au sein même de la formation ne laisse aucun doute sur leur origine. Ils sont généralement peu épais ; 2 m au plus.

*N* t2. **Sables limoneux d'altération sur formations du Buntsandstein supérieur.** Les replats étant peu développés sur le Buntsandstein supérieur, ces altérites sont peu étendues ou très remaniées par colluvionnement et solifluxion. Elles n'ont été figurées que localement.

*N* t3. **Limons d'altération sur formations du Muschelkalk inférieur.** Comprenant de nombreuses couches riches en silts, les formations du Muschelkalk inférieur donnent à l'altération des limons plus ou moins sableux brun clair à beige ocreux, hydromorphes en site mal drainé. Ces limons sont bien développés à Mattstall.

*N* t 3-4. **Limons d'altération indifférenciés sur formation du Muschelkalk inférieur et moyen.**

*N* t4. **Limons d'altération argileux sur formations du Muschelkalk moyen.** Ces limons sont bien développés aux environs de Langensoultzbach ; ils sont souvent hydromorphes avec un faciès pseudogley.

*N* t4-5. **Limons d'altération argileux indifférenciés sur formations du Muschelkalk moyen et supérieur.**

*N* t5. **Limons argileux et argiles sur formations du Muschelkalk supérieur.** Comprenant, outre l'insoluble des formations carbonatées, des matériaux d'illuviation piégés dans les fissures et cavités karstiques, ces altérites sont assez hétérogènes. Ce sont principalement des limons argileux bruns, brun-ocre ou brun-gris et des argiles silteuses rougeâtres à ocres (cf. *terra rossa* et *terra fusca*). Elles recouvrent des surfaces étendues aux environs de Langensoultzbach, Mattstall et Lembach.

*N* t5-6. **Limons argileux et argiles d'altération indifférenciés sur formations du Muschelkalk supérieur et de la Lettenkohle.**

*N* t6. **Limons argileux d'altération sur formations de la Lettenkohle.** Riches en silts et un peu argileuses, les formations de la Lettenkohle

moyenne donnent à l'altération des limons d'altération pouvant être assez épais.

**A17. Limons argileux d'altération sur les Marnes irisées inférieures.**

Riches en silts et en argiles, les Marnes irisées inférieures donnent à l'altération des limons argileux souvent gris et hydromorphes. Ces limons sont généralement peu épais.

**A19. Limons d'altération argileux des Couches de Pechelbronn.** A l'affleurement, les Couches de Pechelbronn supérieures donnent des terres assez argileuses brun-ocre à ocre, grisâtres ou noirâtres, souvent hydromorphes avec un faciès pseudogley. Les teintes bariolées caractéristiques verdâtres, ocres ou rouges apparaissent souvent à faible profondeur et ces altérations n'ont été figurées que localement.

### **Formations de piedmont**

Ces formations sont localisées au pied du massif du Hochwald et avec une moindre extension sur la bordure occidentale du fossé de Lembach, à Lembach et à la limite orientale de la forêt de Niederbronn.

**Pt1. Matériaux remaniés du Grès vosgien** : sables, débris et blocs de grès. Cette formation est constituée de sables blancs à jaunâtres, un peu argileux contenant de nombreux débris et blocs de Grès vosgien, parfois de grande taille. L'épaisseur de cette formation peut être importante et dépasser 10 m, voire 20 m, comme l'indiquent les sondages implantés à proximité de la faille rhénane. Il est possible cependant que des panneaux disloqués dans le faisceau de la faille rhénane aient été pris en compte dans les épaisseurs indiquées (jusqu'à 30 m à Marienbronn). Toutefois le terrassement du stade de Rott la recoupe sur 5 à 10 m sans atteindre sa base.

**Pt1-2. Matériaux remaniés du grès vosgien et des Couches intermédiaires** : limons, argiles, sables et débris de grès. Cette formation a une composition assez variable en fonction de l'importance des apports provenant des intercalations silto-argileuses des Couches intermédiaires. En l'absence de cette fraction fine, elle est semblable à la formation Pt1. Son épaisseur peut être également importante.

### **Formations de versant (non figurées sur la carte).**

La plupart des versants sont recouverts de formations de gélifluxion. Elles sont dues au glissement sur les pentes des matériaux meubles et des fragments et blocs détachés par le gel, pendant les redoux des périodes froides du Quaternaire. Sur les versants des reliefs constituées par les grès du Buntsandstein, ce sont essentiellement des formations sableuses à blocs bien visibles sur les entailles des chemins forestiers. Sur ceux des collines à sous-bassement de formations du Muschelkalk, du Keuper et du Tertiaire, elles sont essentiellement limoneuses à limono-argileuses, mais sont riches en gélifractions, dès que la formation mère contient des bancs de roches durs (calcaires du Muschelkalk supérieur, par exemple). L'organisation des dépôts consiste au mieux en un vague litage parallèle à la pente. L'épaisseur

moyenne de ces dépôts est de l'ordre de 2 à 3 m, mais elle peut être localement plus importante, en particulier en domaine gréseux. Sur les formations tertiaires, ils sont peu épais et consistent essentiellement en altérites solifluées qui peuvent être recouvertes ou mêlés de matériaux résiduels comme des silixites du Muschelkalk moyen dont la localisation d'origine est mal connue (E. Enriquez et D. Geis- sert, 1978).

### Formations éoliennes

Dans le domaine appartenant au Fossé rhénan, les lœss quaternaires occupent de très larges surfaces. Leur épaisseur est cependant moins importante que sur la feuille voisine de Seltz où ils masquent presque complètement les terrains tertiaires. Comme dans le reste de la plaine d'Alsace, ils datent des périodes froides du Quaternaire moyen à supérieur (Mindel à Würm, dans la chronologie classique alpine). Ce sont des dépôts de poussières, en contexte climatique périglaciaire. En dehors de coupes fraîches, il n'est pas possible de subdiviser le complexe lœssique, comme cela a été localement possible sur la feuille Seltz-Wissembourg. Seuls ont été différenciés localement les lœss calcaires et les lœss décalcifiés. Dans l'ensemble, l'épaisseur des lœss augmente vers le Sud-Est de la carte et atteint une dizaine de mètres dans les sondages 8-50 et 8-62. Les lœss apparaissent comme des limons meubles assez homogènes. Les lœss récents ont une teinte brun beige clair, un peu jaunâtre, et une texture poreuse. Ils sont souvent calcaires, sauf dans leur partie supérieure qui peut être décalcifiée et enrichie en argile par illuviation. Les lœss anciens sont généralement assez compacts et plus argileux ; leur teinte est plus sombre et en site mal drainé, ils prennent un faciès pseudogley, à taches ocres et blanchâtres. En profondeur, principalement à leur base, ils renferment souvent des concrétions carbonatées dont la longueur peut atteindre plusieurs décimètres, à la base des lœss anciens. Dans le sondage 8-62 (F. Geissert et F. Ménillet, publié dans la notice de la feuille à 1/50 000 Haguenau), les lœss anciens sont très altérés, soliflués et riches en concrétions ferro-manganiques.

**CE. Lœss indifférenciés, d'âge mindel à würm.** Entre Birlenbach et Keffenach et à Memelshoffen, les lœss sont soit calcaires, soit décalcifiés en surface.

**CE *ℓ*. Lœss calcaires.** Les lœss calcaires en surface n'ont été observés en grande surface qu'au Sud-Est de Rott. La fraction calcaire est généralement disséminée ou distribuée en fins réseaux suivants les cavités laissés par la nécrose de radicelles.

**CE *ℓ*. Lœss décalcifiés.** (Mindel à Würm relativement ancien). Outre les lœss les plus récents, décalcifiés en surface sur une épaisseur pouvant atteindre et dépasser 1 m quand ils n'ont pas été tronqués par érosion, la plupart des lœss anciens sont généralement complètement décalcifiés dans le secteur. Les niveaux les plus argileux renferment fréquemment des concrétions ferromanganiques.

### Alluvions et colluvions

Seules les alluvions récentes de fond de vallée ont une certaine extension.

Disposées en terrasse, les alluvions anciennes ne sont conservées que localement en lambeaux résiduels peu étendus. Mal connu, leur âge approximatif est déduit de leur position topographique et de leur degré d'altération, en tenant compte du contexte régional.

**Fv-w. Alluvions anciennes d'âge quaternaire ancien ou mindel** : sables et galets de quartz et de grès. Au Nord-Ouest de Lembach, sur un replat formé sur les calcaires du Muschelkalk supérieur, un cailloutis résiduel se situe 50 à 60 m au-dessus du fond de la vallée de la Sauer. Les galets de grès du Buntsandstein sont plus ou moins décolorés.

**Fw-x. Alluvions anciennes d'âge mindel ou riss.** Sur des terrasses plus ou moins déformées par la gélifluxion, des alluvions anciennes perchées au plus à 30 m au-dessus des fonds de vallées actuelles ont été regroupées sous la même notation.

Une ancienne carrière située à mi-chemin entre Lembach et Mattstall montrait une coupe de 4 m environ ; de haut en bas :

—2 à 3 m, formation grossière non stratifiée à matériaux remaniés du Buntsandstein : galets et blocs anguleux à émoussés de grès rouge ; galets de quartz et de quartzite, rares silixites remaniées du Muschelkalk moyen ;

—limite ondulée ;

—1,5 à 2 m, sable jaune à rouge à passées de galets remaniés du Buntsandstein (galets de quartz et de quartzite ; petits galets de grès rouge ou légèrement décolorés).

La partie supérieure est vraisemblablement un mélange plus ou moins soliflué d'alluvions anciennes et de formation de versant ; la partie inférieure est formée d'alluvions bien caractérisées. Postérieurement aux leviers (fin 1988), une entaille au NW de la route recoupe le matériau supérieur recouvert par 0,75 m à 1 m de sable argileux et limoneux blanchâtre, à tâches et bandes ocres.

Au Sud-Est de Philippsbourg, la coupe d'un chemin creux forme un affleurement médiocre d'alluvions anciennes perchées 10 à 30 m au-dessus du fond de la vallée. Elles sont constituées par des matériaux remaniés du Grès vosgien : éléments et blocs de grès plus ou moins émoussés, prédominants ; galets de quartz et de quartzite. La plupart des éléments de grès sont encore rouges. La matrice sableuse est jaunâtre à brun rougeâtre.

**Fz/Fy. Alluvions holocènes (Fz)** : sables et limons, recouvrant généralement des alluvions plus grossières d'âge Würm (Fy). Les fonds de vallées sont généralement remblayées par deux générations d'alluvions. A la base, des sables fins à grossiers, blancs, roses, jaunes ou gris, comprenant de nombreuses passées à galets de quartz, de quartzite et de grès rose, remaniés du Buntsandstein. Au-dessus, des sables généralement plus fins, souvent tourbeux ou limoneux, à rares passées à galets de quartz et de quartzite de petite dimension (1 à 2 cm). L'épaisseur de l'ensemble semble assez importante : 6 à 8 m dans les sondages du Katzenthal (amont de Lembach) et 8 m dans le sondage 8-39 à Weiler. Celle des alluvions holocènes est la plus faible (rarement supérieure à 2 m).

**Tz. Dépôts tourbeux d'âge holocène.** Des dépôts tourbeux assez étendus ont été reconnus dans le bassin versant du Schwartzbach, en amont de Dambach (vallon de Neudoerfel, J.P. Hatt, 1937) et en amont de Sturzelbronn (tourbière d'Erlenmoos, G.Dubois *et al*, 1937). L'épaisseur maximale observée est de 1,80 m à Erlenmoos et 2,75 m à Neudoerfel. De morphologie bombée et étendue sur 25 ha, cette dernière était exploitée avant la dernière guerre. Les études palynologiques effectuées par les auteurs précités sur ces tourbières ont donné des résultats comparables à ceux obtenus par F. Firbas (1934) en Palatinat, donnant une idée de l'évolution du couvert végétal dans la région, dans les dix derniers millénaires, avant les modifications massives apportées par l'homme à partir de l'époque protohistorique. A la dernière prairie tardiglaciaire (Dryas III), non identifiée dans nos tourbières, a succédé une forêt où prédominait le bouleau (Préboréal), puis le pin (Boréal). A la période atlantique (— 6 000 à — 3 000 ans environ), l'augmentation de la température (plus élevée qu'actuellement) et de l'humidité a permis le développement des feuillus (chênaie mixte), d'abord du coudrier, puis de l'aulne. Ensuite un rafraîchissement climatique (Sub-Boréal, sec, puis Sub-Atlantique, humide) a favorisé le développement du hêtre.

**CFy-z. Dépôts de fonds de vallon d'âge würm à holocène.** Toutes les transitions existent entre les colluvions, déposées en bas de versant par les eaux de ruissellement diffus et les alluvions dues à un transport de matériaux d'amont en aval par une rivière. Dans les vallées secondaires et les vallons, les apports latéraux par ruissellement sur le versant sont souvent quantitativement plus importants que les apports propres du ruisseau qui les draine. Ainsi, dans le but de distinguer ces remplissages de fonds de vallon des alluvions franches, nous avons utilisé la notation composite CF. En surface, ces remplissages sont généralement fins limoneux à sablo-limoneux et d'âge holocène. Ils peuvent recouvrir des matériaux plus grossiers constitués par des formations de gélifluxion, plus ou moins lavées et triées par le ruisseau dont le débit était beaucoup plus puissant pendant les périodes froides du Quaternaire.

**U/t7. Tufs calcaires holocènes sur Keuper.** Un minuscule dépôt de tuf a été observée 2,5 km au Sud de Lembach. Il est constitué par un calcaire gris clair très poreux dû à l'encroûtement de végétaux par des eaux chargées en bicarbonate de calcium. Les masses poreuses sont enveloppées par une fine couche rubanée et mamelonnée. Ce dépôt est localisé au fond du vallon et il barre partiellement le ruisseau.

## PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

### TECTONIQUE

La feuille à 1/50 000 Lembach se situe sur la bordure occidentale du Fossé rhénan ; plus précisément au Nord du tronçon médian, d'orientation SW-NE, de cette mégastucture (fig. 4). Cassure majeure de type rift de la croûte continentale européenne au Nord du domaine orogénique alpin, cette dernière comprend à la latitude de la feuille, d'Ouest en Est (voir le schéma structural en marge de la carte) :



- la bordure soulevée des Basses Vosges et de la Forêt palatine,
- la faille vosgienne,
- le champ de fractures du Haut-Mundat, se terminant en sifflet vers le Sud-Ouest,
- le fossé de Lembach, se terminant en sifflet vers le Nord-Est,
- le horst du Hochwald,
- le champ de fractures de Wissembourg, très localisé,
- la faille rhénane,
- le Fossé rhénan proprement dit,
- la faille rhénane orientale,
- le demi-horst de la Forêt noire.

Dans ce secteur, la bordure occidentale du Fossé est donc assez complexe, probablement en relation avec le changement de direction de cette structure.

### *ÉVOLUTION STRUCTURALE DE LA RÉGION*

#### **Tectonique du socle**

Accessible à l'observation uniquement dans les affleurements d'extension réduite de schistes et grauwackes de Weiler et de granodiorite de Windstein, la tectonique du socle est mal connue dans ce secteur. La région se situe dans la zone saxo-thuringienne de la chaîne hercynienne (F. Koss-matt, 1927), caractérisée par la présence de terrains paléozoïques très peu métamorphiques, de structures majeures de direction N 50 à N 60° E, un âge carbonifère de la déformation paroxysmale (au moins dans la partie nord de la zone) et un magmatisme à tendance dioritique. Cette zone est encore très mal connue et sera recoupée par le sondage de recherche profond KTB, sur le territoire de la République fédérale allemande. Fondée sur des études géophysiques, les hypothèses actuelles invoquent une succession de nappes et écaïlles crustales imbriquées en « rampes et duplex », à déversement nord. La dernière phase plicative hercynienne, la phase saaliennne, responsable du plissement de terrains du Permien inférieur (Unterrotliegende) en Sarre a vraisemblablement eu des répercussions dans la région. La fracturation tardi-hercynienne, en particulier selon des directions N 20 à N 30° a bien affecté la région en déterminant une zone de fragilité dans le socle varisque à l'emplacement du futur Fossé rhénan. Les phénomènes de distension qui ont permis la formation des bassins permien, en particulier selon une direction NE-SW, s'atténuent dès la fin du Permien. Au Trias, la région est occupée par un vaste bassin épicontinental affecté seulement par des mouvements épirogéniques, responsables probable de légères discordances de la mise en place de conglomérats (cf. tableau II ; W. Dachroth, 1985) et de changements paléogéographiques.

#### **Tectonique anté-Tertiaire affectant les formations secondaires du Fossé rhénan**

Connue par les très nombreux sondages effectués dans le fossé, la surface infra-Tertiaire apparaît comme une surface façonnée par érosion et altéra-

tion, mais comportant également de faibles ondulations anticlinales et synclinales reconnues dès 1953 par J. Schirardin.

### Tectonique rhénane

—**Les phases de préparation.** Selon H. Illies (1962), le Fossé rhénan s'est formé dans une zone de fragilité pré-existante dans le bâti hercynien. Dès le Carbonifère supérieur, l'orogène varisque s'est largement fracturé selon des directions N 20° à N 30° E, avec de fréquents jeux de cisaillement senestres. Assez active au Permien, la tectonique distensive est mal connue dans le secteur. Du Trias au Jurassique supérieur (jusqu'à l'Oxfordien), les terrains sédimentaires ne montrent que des épaisissements locaux de faible amplitude à l'emplacement du fossé. Les premières manifestations des phénomènes de distension qui sont à l'origine de l'ouverture de ce dernier nous sont indiquées par des émissions basaltiques d'âge crétacé (émission la plus ancienne : néphéline à olivine des Trois Épis, Haut-Rhin, — 93 Ma ; Lippolt

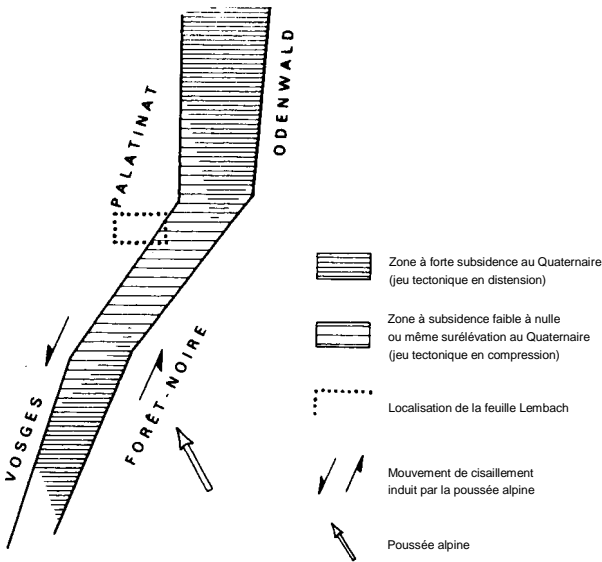
*et al.*, 1974). Les premiers dépôts datés se sont formés à l'Éocène moyen. Peu épais, ils attestent que la subsidence était encore très faible. De même nature dans les champs de fracture et dans le Fossé rhénan proprement dit, ils indiquent que ce dernier n'était pas encore individualisé à cette époque. Une compression NS, avec des mouvements de décrochement, a affecté la région avant la phase de distension principale (T. Villemin et F. Bergerat, 1987; fig. 5).

—**La phase de distension principale.** A l'Éocène supérieur, le Fossé rhénan proprement dit s'est nettement individualisé entre les failles rhénanes occidentale et orientale (voir le schéma structural en marge de la carte). La subsidence a été très active dans cette partie du fossé du Priabonien au Chattien, favorisant les dépôts de la série de Pechelbronn et de la série grise dont l'épaisseur cumulée atteint et dépasse 700 m dans la partie du fossé représentée sur la carte, mais peut dépasser 2 000 m dans l'axe du fossé. Elle a été très inégale dans les différents compartiments du fossé, morcelé par de nombreuses failles dont la plupart ont eu un jeu synsédimentaire. Sur la carte, la série oligocène a été tronquée par érosion, et nous ignorons à quel moment précis la subsidence s'est arrêtée, ou considérablement ralentie.

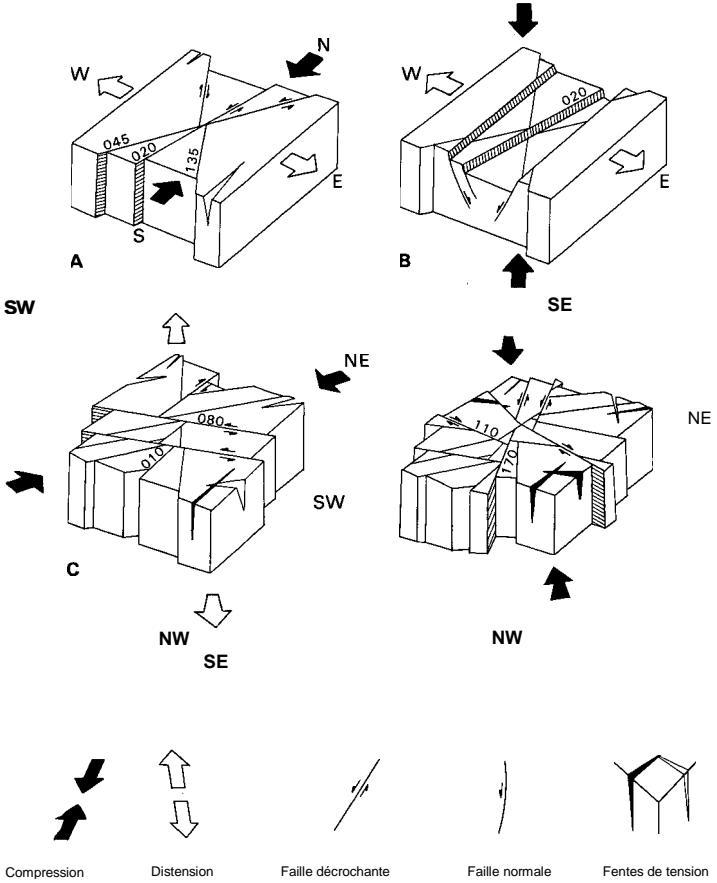
—**les phases tardives.** A l'Aquitanién, un régime de compression SW-NE se traduit par des décrochements ; le bassin de Pechelbronn est probablement érodé. Au Pliocène, la subsidence reprend dans les tronçons nord et sud du fossé, sous l'emprise d'un régime de compression SE-NW (fig. 4 et 5), provoquant un décrochement senestre des bordures du fossé. Elle n'affecte guère le secteur qui se situe dans un domaine où le fossé est presque normal à la compression et a tendance à se surélever. Ce régime de compression se maintient au Quaternaire et jusqu'à l'époque actuelle, comme le montrent les mesures de tension *in situ* (H. Illies et G. Greiner, 1978 et 1979).

—**L'Instabilité actuelle: la séismicité.** Comme l'ensemble du fossé, la région a subi de nombreux tremblements à l'époque historique (Bonjer et Fuchs, 1979 ; J. Vogt et C. Weber, 1980). Pour la région, les mieux connus sont ceux des 29 septembre et 8 octobre 1952, dont l'aire macrosismique

recouvre le coin sud-est de la carte. Le premier a été ressenti avec une intensité VI MSK à Bremmelbach. La profondeur des foyers sismiques est généralement comprise entre 2 et 8 km (6 km, pour le séisme du 8/10/52; P. Godefroy *in* Vogt et Weber, 1980). La comparaison des différentes campagnes de mesures géodésiques montre des variations depuis un siècle. Selon K.Zippelt et H.Mälzer (1981), la bordure occidentale du fossé, au niveau de la Forêt palatine, aurait subi une surélévation, atteignant un maximum de 1,1 mm/an au Sud de cette région. Au contraire J. Fourniguet (1987), constate un affaissement de valeur supérieure à 1 mm/an pour le Nord des Basses Vosges comme pour le Nord de la plaine d'Alsace.



**Fig. 4 - Principales contraintes néotectoniques  
s'exerçant sur le Fossé rhénan**  
(d'après Illies, 1979)



Les chiffres indiquent la direction des plans de failles dans l'hémisphère Est

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 (1 987) adapté, avec l'accord  
 de la Société géologique de France

## **STRUCTURE DE LA RÉGION**

### **Affleurements du socle hercynien**

A Weiler, les couches sont subverticales avec une direction N 60 à N 70° E. La série est entrecoupée par des failles directionnelles qui ont pu jouer avec une composante horizontale importante (présence de stries faiblement inclinées ; débits en amandes). La roche est souvent broyée à proximité de ces failles et pénétrée de veines de quartz. Quelques failles et surtout des diaclases, subverticales ou obliques, ont une direction subméridienne.

Les affleurements de la granodiorite de Windstein sont traversés par des failles, diaclases et filons qui ont été l'objet d'une analyse tectonique de A. Genter et P. Martin (inédit). Les fractures appartiennent principalement à deux familles directionnelles orientées l'une NW-SE, bien regroupée ; l'autre NNE-SSW, plus dispersée. La moitié des failles montrent un jeu décrochant, principalement senestre ; l'autre moitié, un jeu en faille normale. Dans la partie sud-est des affleurements, une faille plus importante, de direction N 30° E, pentée à 60-65° W à E, présente des indices de mouvement dextre. Elle est soulignée par des phénomènes de cataclase et de silicification. Pour la plupart générées à la fin de l'orogénèse hercynienne, ces fractures ont joué à de multiples reprises, en particulier au Tertiaire, lors de la distension oligocène responsable de la formation du Fossé rhénan. Les différents mouvements lus sur ces diverses discontinuités s'intègrent aisément dans le cadre de nos connaissances sur la tectonique régionale depuis l'époque tardihercynienne.

### **Forêt palatine et Basses Vosges**

A l'Ouest de la faille vosgienne, les grès du Buntsandstein forment une série monoclinale à faible pendage vers le Nord-Ouest (3 % environ). A distance de cette faille majeure, ce monoclinal apparaît peu faillé. Au Nord-Ouest de Sturzelbronn, un accident subméridien recoupe le Haut Wartsberg avec un rejet supérieur à 100 m. Au Sud, il se termine contre une faille directionnelle de rejet beaucoup moins important. De la faille vosgienne, se détachent vers le Nord une série d'accidents subméridiens soulignant l'influence de la tectonique rhénane sur cette bordure du fossé.

### **La faille vosgienne**

Souvent subdivisée en un étroit faisceau d'accidents limitant des lanières à fort pendage, la faille vosgienne a un rejet important en limite sud de la carte (de l'ordre de 500 m) où elle joue encore un rôle morphologique important en délimitant à l'Est les Basses Vosges. A partir du Jaegerthal, son rejet s'amenuise considérablement et devient localement inférieur à 100 m en Palatinat. Elle perd son rôle morphologique, repris plus au Nord-Ouest par la faille formant la limite occidentale du fossé de Lembach. Le faisceau de la faille vosgienne présente une minéralisation hydrothermale importante à partir de la vallée du Steinbach (quartz, fer, sulfures). Dans ce secteur, son jeu serait essentiellement Éocène supérieur à Oligocène.

## **Le champ de fractures du Haut Mundat**

Localisé dans les parties centrale et nord-est de la feuille, entre la faille vosgienne et la faille occidentale du fossé de Lembach (voir le schéma et la coupe en marge de la carte), le champ de fractures de Haut Mundat représente une partie marginale du monoclin alpin, légèrement effondrée et disloquée en blocs basculés qui ont souvent une disposition antithétique.

## **Le fossé de Lembach**

Bien délimité entre Lembach et Climbach par les failles normales qui le séparent du Haut Mundat et du Hochwald, le fossé de Lembach se relève et se termine en pointe vers le Nord-Est. Vers le Sud il passe au champ de fractures de Saverne, vaste palier morcelé en lanières, entre le horst vosgien et le fossé rhénan proprement dit. C'est le horst du Hochwald qui lui donne sa structure en fossé. Le fossé de Lembach est subdivisé en lanières par des failles N 40° à N 70° E.

## **Le horst du Hochwald**

Structure très originale dans le contexte de la bordure occidentale du Fossé rhénan, le horst du Hochwald est bien délimité par deux failles presque symétriques par rapport à son axe d'allongement, la faille rhénane au Sud-Est ayant un rejet trois fois supérieur à la faille qui le limite au Nord-Ouest (1 500 m contre 500 m). Les virgations de ces accidents et le col, probablement faillé, du Pfaffenschlick le subdivisent en deux parties d'orientation différente ; N 60° E, au Sud-Est ; N 40° E, au Nord-Est. Quelques fractures internes ne modifient pas fondamentalement sa structure monoclinale, avec un pendage sud, qui donnent à sa bordure sud-est et surtout à son extrémité méridionale le rôle de château d'eau pour la région.

## **Le champ de fractures de Wissembourg**

Au niveau de la vallée de la Lauter, la largeur du horst du Hochwald se réduit. Entre cette structure et la faille rhénane s'intercale un palier constitué de terrains dont l'âge va du Buntsandstein supérieur au Lias. Des failles de direction S W-NE se combinent aux failles N 20° à N 40° E, de type rhénan, pour découper ce panneau en coins et lanières étroites.

## **La faille rhénane occidentale**

Accident le plus important de la bordure occidentale du fossé rhénan, la faille rhénane a un rejet très important, de l'ordre de 1 500 m. Comme la plupart des failles normales à fort rejet, elle forme en général un étroit faisceau d'accidents subparallèles délimitant des panneaux très étroits à fort pendage. Les sondages profonds effectués aux environs de Marienbronn (voir la coupe et les logs en marge de la carte) ont recoupé plusieurs de ces accidents. Le jeu principal de la faille vosgienne est d'âge éocène supérieur à oligocène, comme l'indique le remplissage du Fossé rhénan dans ce secteur. Selon E. Plewe (1938), elle aurait eu un rejeu de près de 400 m au Pliocène, plus au Nord, au niveau de la Haardt. Au débouché de la cluse de la Lauter,

des cordons d'érosion postglaciaires remarquables indiqueraient un rejeu holocène (F. Fischer, 1962).

### **Le Fossé rhénan proprement dit**

La partie du Fossé rhénan représentée sur la carte correspond à la bordure septentrionale du « bassin » ou « périclinal » de Pechelbronn. En réalité, il est constitué par une succession de blocs basculés à pendage est, délimités par des failles antithétiques, à pendage ouest (R. Schnaebele, 1948). Les blocs eux-mêmes sont affectés par des failles de moindre rejet. Dans les galeries des anciennes mines d'asphalte de Lobsann (J.O. Haas et C.R. Hoffmann, 1928), les failles normales, à pendage est prédominant et les couches ont un pendage variable, faible ou augmenté par une flexure locale. En dehors du secteur de Marienbronn-Lampertsloch, la structure du fossé est mal connue dans la partie représentée sur la carte.

## **OCCUPATION DU SOL**

### **SOLE ET VÉGÉTATION**

Sur le territoire couvert par la carte Lembach, l'ordonnance du paysage est étroitement liée à la structure géologique. Les sols peuvent être regroupés en trois ensembles qui se différencient essentiellement par la composition de leur sous-sol. Le premier comprend les sols établis sur les grès du Buntsandstein et du Permien : les Basses Vosges, la Forêt palatine, la forêt du Haut Mundat et le Hochwald. Le second comprend les sols du fossé de Lembach sur formations calcaires. Le dernier correspond à la partie de plaine d'Alsace représentée, à sols argileux et limoneux. La plupart des données présentées sont empruntées à la carte phytoécologique de M. Gounot et J.P. Boudot à 1/100 000 et notice, feuille Haguenau, 1975. Pour la flore, le lecteur pourra consulter l'article de R. Engel (1977).

### **Sols et végétation sur grès permien et triasiques**

La zone d'affleurement des grès, formant des reliefs à caractère submontagnard, est le domaine de la forêt. La plupart des sols sont situés sur des versants. Variable suivant leur situation topographique et leur exposition, leur degré d'évolution dépend aussi de la nature de leur roche-mère. Le Grès vosgien et ses produits de désagrégation, pauvres en éléments ferro-magnésiens, en bases et en argiles, sont les roches-mères de sols sableux podzolisés : sols ocres podzoliques, sols podzoliques jeunes, à horizons de lessivage blanc-gris et horizon d'accumulation ocre à rouille peu induré. Les faibles quantités de fer et d'alumine libérées par l'altération biochimique des argiles et des feldspaths sont complexés par les produits organiques solubles et très acides, libérés et issus d'un humus forestier de type mor ou moder, et entraînés vers la base du profil (podzolisation). Dans la strate herbacée, prédominant la canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*), la myrtille (*Vaccinium myrtillus*) et la luzule blanche (*Luzula albida*). Dans la strate arborescente, le chêne sessile prédomine généralement dans la partie inférieure des versants bien exposés. Au-dessus, la chênaie ou la chênaie-hêtraie est remplacée par une hêtraie. Sur les versants exposés au Nord, plus humides et

plus frais, les sols sont souvent moins évolués et encore peu affectés par le phénomène de podzolisation ; le sous-bois de la hêtraie est caractérisé par la fétuque des bois (*Festuca silvatica*), espèce indicative, dans la région, des sols bruns acides et des sols bruns ocreux. Les formations permienues, le Grès d'Annweiler, les Couches intermédiaires et le Grès à *Voltzia*, plus riches en éléments ferro-magnésiens et en argiles sont les roches mères de sols bruns acides. Si la canche flexueuse et la myrtille peuvent encore coloniser ces sols sur les bas-versants à exposition sud, une association à *Millium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Lamium galeobdolon*, *Asperula odorata* et *Rubus* sp. remplace ces deux espèces dans les sites les plus frais et les plus humides.

Dans bien des parcelles, le chêne a été remplacé par le pin sylvestre et le hêtre par l'épicéa, résineux à croissance rapide, mais à humus très acide. Sous les pineraies, une association à callune et myrtille chétive colonise généralement des sols très nettement podzolisés en milieu filtrant tels que les podzols ferrugineux. Assez symptomatique des sols très acides, la fougère aigle accompagne souvent la callune.

En plus des nombreuses plantes habituelles des lieux humides (R. Engel, 1977), l'hydromorphie des sols de fonds de vallées est soulignée par d'importants peuplements de reine des prés (*Filipendula ulmaria*). Les tourbières acides, dans les fonds de vallées très plats sont peu nombreuses et peu profondes. Les deux plus importantes, celles de Neudoerfel (J.J. Hatt, 1937) en amont de Dambach et la tourbière d'Erlenmoos (G. Dubois *et al*, 1938), en amont de Sturzelbronn sont en voie d'assèchement.

Rochers et ruines féodales sont partiellement colonisés par des plantes rupicoles (*Arabis arenosa*). Lors de la visite des châteaux, la flore rudérale indigène ne doit pas être confondue avec la flore adventice, comprenant en particulier des plantes calciphiles liées au mortier de chaux utilisé dans les anciennes constructions telles que l'épine vinette, le berberis vulgaire, le fusain et la rue des murailles (E. Walter, 1938).

### **Sols et végétation du fossé de Lembach**

Dans les zones d'affleurement des assises du Muschelkalk inférieur, constituées de grès silto-argileux et dolomitiques, de marnes dolomitiques, de dolomies, voire de calcaires, les formations d'altération sont les matériaux parentaux de sols bruns variés, calcaires ou non, engorgés en situation topographique horizontale lorsqu'ils sont riches en silt et en argile. Ces sols sont fréquemment utilisés en prairies, mais la forêt y occupe encore de vastes surfaces. Le charme est souvent associé au chêne ou au hêtre. Souvent frais, les sous-bois comprennent des espèces variées telles que le millet (*Millium effusum*), l'aspérule (*Asperula odorata*), l'*Arum* tacheté (*Arum maculatum*), le brachypode des bois (*Brachypodium silvaticum*), la ficaria (*Ficaria ranunculoïdes*), l'hépatique (*Hepatica triloba*), la mélisse (*Melica nutans*), la canche cespiteuse (*Deschampsia coespitosa*) et le carex des bois (*Carex silvatica*).

Très argileuses, les assises inférieure et moyenne du Muschelkalk moyen, ont donné naissance à des sols bruns, semblables à ceux des stations les plus



fraîches sur Muschelkalk inférieur. La formation supérieure (Dolomie à lingules), très carbonatée, se rattache, sur le plan des sols, au Muschelkalk supérieur.

Sur les assises du Muschelkalk supérieur, les formations superficielles sont formées de limons argileux résiduels à fragments et blocs calcaires plus ou moins abondants. En fonction de la richesse en calcaire, les sols sont de type brun ou brun calcaire. Ils sont largement cultivés. Quelques bois permettent de connaître leur végétation potentielle. C'est une chênaie-hêtraie, à sous-bois riche en hépatiques (*Hepatica triloba*), mélisque (*Melica nutans*), brachypode des bois (*Brachypodium silvaticum*) et carex glauque (*Carex glauca*). Ces mêmes types de sols se rencontrent également sur les formations du Keuper inférieur (Lettenkohle), parfois très argileux, annonçant les sols sur les Marnes irisées inférieures du Keuper moyen.

Sur la bordure du fossé de Lembach, les formations carbonatées du Muschelkalk et du Keuper sont souvent recouvertes par des matériaux sableux et limoneux, soliflués et colluvionnés à partir des escarpements formés par les grès du Buntsandstein. Sur ces matériaux, les sols sont variés ; sableux à limono-argileux ; bruns à podzoliques ; souvent avec un faciès pseudogley. Ces sols sont souvent occupés par des bois où prédominent le chêne et le hêtre, accompagnés de charme dans les sites frais et peu acides. La canche cespiteuse et le carex des bois sont abondants dans les endroits mal drainés ; le millet (*Millium effusum*) affecte les sites plus secs.

### **Sols et végétation sur la bordure de la plaine d'Alsace**

Dans le domaine du Fossé rhénan, nous ferons ici trois distinctions : le piedmont du Hochwald, la zone d'affleurement des formations d'âge éocène supérieur à oligocène et les buttes et versants recouverts de lœss. Sur le piedmont du Hochwald, les sols et la végétation sont identiques à celles des formations de couverture de la bordure du fossé de Lembach qui présentent les mêmes notations (Pt1 et Pt1-2). Sur les formations d'âge éocène

supérieur à oligocène, les sols sont généralement de type brun, brun pélosolique quand la formation est très compacte, argileuse et quasiment dépourvue de couverture superficielle ; brun calcaire dans les zones d'affleurement des conglomérats de bordure du fossé et des intercalations calcaires ou marneuses de la série tertiaire. Les sols bruns et bruns calcaires à texture favorable sont appréciés pour les cultures ; la forêt occupe généralement les sols les plus lourds. L'association la plus fréquente est une hêtraie-chênaie à canche cespiteuse et carex des bois dans les endroits humides ; *Arum* tacheté et ficaire dans les zones riches en bases. Les lœss sont les matériaux parentaux de sols à texture très favorable aux cultures, essentiellement des sols bruns faiblement lessivés, localement calcaires. Largement défrichés, ces sols sont cultivés ou exploités en prairies dans les sites les plus humides : prairies semi-hygrophiles à fétuques des prés et canches cespiteuses ; prairies à brome érigé sur les rares sommets de buttes érodés non cultivés. En bas de versant et fonds de vallons, sur colluvions lœssiques hydromorphes, apparaissent successivement la fétuque élevée et le *Lychnis* fleurs de coucou ; les juncs, sur pseudogley, des grands carex et enfin des roseaux (*Phragmites communis*) dans les zones constamment hydromorphes à gleys. Dans les rares parcelles qui ont conservé leur couverture forestière, la strate arbo-

rescente est constituée par le charme, le chêne et le hêtre. Le tapis herbacé est assez varié : carex des bois, *Arum* tacheté, ficaire, benoîte commune etc.

### PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

En raison de l'importance de la couverture forestière, peu de témoins d'activités humaines préhistoriques ont été mis à jour. Le bilan des récoltes effectuées dans la région nous est donné par R. Schellmanns (1976).

La présence de Paléolithique inférieur n'est attestée que par la découverte à Goersdorf (coupure à 1/50 000, Haguenau, à proximité de la limite méridionale de la carte) par R. Forrer, en 1924, d'un biface, d'un raclor et d'un éclat taillé. Si le Paléolithique moyen et supérieur font jusqu'à présent défaut, un des trois sites d'industrie microlithique connu en Alsace (Epipaléolithique) a été découvert près de Pfaffenbronn, à la limite des communes de Climbach et de Lembach par J.M. Petot en 1970. Étudié par J. Sainty et R. Schellmanns (1984), ce gisement de surface appartiendrait au Mésolithique moyen. Par comparaison avec des signes de même type datés de cette période dans le bassin de Paris, des gravures formées par des associations de stries subparallèles ou se recoupant selon des figures plus ou moins géométriques sont attribuées au Mésolithique (R. Schellmanns et C. Jeunesse, 1982). Ces gravures sont localisées dans des abris sous roches, dégagés naturellement par l'érosion dans les escarpements de Grès vosgien.

Le Néolithique est attesté par la découverte de haches polies dans de nombreuses localités: Birlenbach, Climbach, Drachenbronn, Lampertsloch, Lembach, Lobsann, Obersteinbach, Rott et Birlenbach.

A la période protohistorique se rattachent des pointes de flèche à pédicule d'aïlron ou retouches parallèles du Chalcolithique (ou Bronze ancien) recueillis en 1970 à Keffenach par D. Schellmanns, des bracelets et céramique trouvés en 1972 à Memelshoffen par Meyer, Jung et Schellmanns et des bracelets et épingles découverts en 1921 par C. Mathis au col de Wiep, entre Lampertsloch et Lembach.

Des sépultures de l'âge du fer ont été reconnues à Lampertsloch. Des enceintes fortifiées sont connues dans le Hochwald, en particulier au col de Wiep, au Maimont près de Niedersteinbach et à Lembach, au Riegelsberg. Leur âge est mal connu ; celle de Wiep a livré à C. Mathis, du matériel en bronze de l'époque de Hallstatt et des objets romains. Celle du Ziegenberg, dans la forêt de Niederbronn est connue comme un ancien camp celtique.

Des témoins d'occupation romaine, en particulier des stèles ont été découverts à Langensoultzbach, Lembach et Nehwiller.

Malgré la prédominance du milieu forestier, du Moyen-âge à nos jours, le sol et le sous-sol de la région ont été l'objet de nombreux mouvements de terrains : construction des châteaux féodaux, aménagement de barrages, parfois démolis ultérieurement, creusement de souterrains, galeries de mines et importants ouvrages souterrains de la ligne Maginot.

## 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 pour la plupart 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. Les conditions locales doivent être étudiées avec soin surtout pour les terrassements importants (pendage des couches, fracturation, régime des venues d'eau, degré d'altération des terrains, conditions d'équilibre des formations superficielles, etc.).

- **Dans les zones d'affleurement des formations permienes**, les niveaux argileux sont fréquents et les bancs de grès sont souvent lenticulaires. Apparaissant généralement en bas de versant, ces formations sont souvent hydromorphes ; leur lithologie doit être contrôlée par des sondages rapprochés avant tout terrassement important. La dureté des grès et des conglomérats est très variable.

- **Dans les Basses Vosges, le Hochwald et l'extrémité nord-est du fossé**

**de Lembach**, les deux principaux types de matériaux sont les grès en place et les formations superficielles sableuses à blocs. Les grès ont une dureté variable et sont souvent disloqués près des versants, surtout à proximité des failles. Les moins indurés, ayant une consistance de sable compacté, se rencontrent principalement à la base des Couches de Triberg et dans les Couches de Karlstall. Les plus durs sont les grès conglomératiques (*Kristall-sandstein*) qui affleurent souvent en corniche et se débitent en blocs énormes. Les intercalations fines, silteuses et même franchement argileuses dans les grès du Buntsandstein supérieur déterminent souvent des venues d'eau. Les formations superficielles sableuses à blocs n'ont guère de tenue surtout quand elles sont hydromorphes. Une étude de la cohérence des grès et du régime de circulation d'eau est donc à entreprendre avant tous travaux importants. Au pied des grands escarpements, les formations de piedmont (Pt1 et Pt1-2), sableuses ou sablo-limoneuses à blocs peuvent être très épaisses et n'ont guère de tenue. Sableuses, les colluvions et alluvions de fonds de vallées sont généralement hydromorphes ; les formations tourbeuses sont peu épaisses.

- **Dans le fossé de Lembach**, en dehors des zones d'affleurement des grès du Buntsandstein, les sols de fondation seront principalement argileux ou calcaires. Des grès peuvent encore se rencontrer dans les assises du Muschelkalk inférieur, mais ils se présentent souvent en intercalations lenticulaires ou en miches dans des siltites. Seul le Calcaire à entroques est formé par une succession de bancs durs ; dans les autres formations, les bancs calcaires ou dolomitiques sont généralement séparés par des intercalations de marnes ou de silts argileux et la série du Muschelkalk inférieur et moyen est mal connue dans le détail. Les calcaires du Muschelkalk supérieur présen-

tent fréquemment des cavités naturelles ; ils sont souvent fragmentés par des diaclases et des failles. Dans le fossé de Lembach et au Sud-Est de Weiler où l'on rencontre des terrains de même nature, les couches ont souvent un pendage non négligeable. Les formations de versant sont habituellement assez argileuses, hydromorphes en période pluvieuse ou constamment en bas de versant.

• **Dans le domaine se rattachant à la plaine d'Alsace**, le sous-sol est dans l'ensemble très argileux. Les conglomérats de bordure du Fossé rhénan peuvent renfermer des blocs et être plus ou moins consolidés. Les lœss sont facilement érodés par les eaux de ruissellement et peuvent être largement « minés » par des animaux fouisseurs. En surface, ils sont sensibles au gel. Leur résistance mécanique est faible et ils sont sujet à des tassements importants. Leurs propriétés mécaniques varient largement en fonction de leur teneur en eau. Quand ils sont hydromorphes, leurs caractéristiques et plus encore celles des colluvions lœssiques, deviennent franchement médiocres et ils n'ont plus aucune tenue.

Dans une bonne partie du territoire couvert par la feuille, des cavités souterraines, artificielles ou naturelles, sont fréquentes : souterrains médiévaux, galeries de recherche ou d'exploitation minière, ouvrages de la ligne Maginot et cavités karstiques des calcaires du Muschelkalk supérieur.

## RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

### *HYDROGÉOLOGIE*

Les formations gréseuses du Trias inférieur assurent l'alimentation en eau potable des collectivités situées sur la feuille Lembach, à l'exception de Birlenbach, alimenté par des sources issues du Tertiaire. L'important réservoir du Buntsandstein approvisionne également une grande quantité d'agglomérations de la bordure nord de la feuille Haguenau, dont Niederbronn, Reichshoffen et le Syndicat de Soultz-sous-Forêts ainsi que Wissembourg, en bordure est de la feuille Lembach. Les eaux du Muschelkalk, non utilisées par les collectivités, ne sont connues que par 2 captages réalisés dans le fossé de Lembach, lors de la construction de la ligne Maginot. L'infiltration des eaux météoriques dans les formations perméables qui affleurent sur presque toute la superficie de la feuille, permet la constitution, à l'Ouest de la faille rhénane, d'une puissante nappe qui se trouve drainée par les rivières, coulant vers le Sud et l'Est. Le niveau du toit de la nappe du Buntsandstein est variable et correspond en général au fond des principales vallées qui entaillent les formations gréseuses dans lesquelles se situent les sources les plus importantes.

#### **Sources**

Elles apparaissent sur toute l'étendue du Buntsandstein et à tous les niveaux, mais sont d'importance variable selon leur situation :

— les sources perchées émergeant à flanc de colline à la faveur de diaclases ou d'interstratifications d'horizons moins perméables, sont en général de

faible débit, rarement exploitées pour l'alimentation en eau des collectivités;

— les sources de fond de vallées, qui constituent les exutoires de la nappe générale imprégnant le massif gréseux, ont des débits nettement plus importants pouvant atteindre une dizaine de l/s avec des variations saisonnières très faibles, leur étiage se situant à la fin de l'automne.

La ville de Niederbronn capte 14 sources dans le coin sud-ouest de la feuille, qui lui fournissent près de 100m<sup>3</sup>/h. Reichshoffen obtient environ 200 m<sup>3</sup>/h à partir d'une quinzaine de captages situés dans la vallée du Schwartzbach dont les plus importants, Muckenthal et Herrenhof, débitent près de 121/s.

Wissembourg exploite plusieurs sources dans la forêt du Mundat, dont la plus importante fournit près de 51/s. La source Dentelthal alimente Lembach dans la vallée de la Sauer, à un débit de 3,51/s.

En bordure est du Hochwald, au droit des sources des Sept Fontaines, le Syndicat du canton de Soultz-sous-Forêts a réalisé un ouvrage d'un débit d'environ 101/s, constitué par une galerie qui, après traversée de la faille rhénane; capte près de 100 m de longueur, les eaux de Buntsandstein moyen arrivant principalement par des petites fissures dans la formation aquifère.

Les eaux de ces sources sont en général de faible minéralisation (résidu sec inférieur à 100mg/l), très douces (dureté inférieure à 5° F), d'un pH se situant entre 6 et 6,5, à teneurs en chlorures et sulfates inférieures à 10 mg/l avec présence d'anhydride carbonique agressif de l'ordre de 10 à 20 mg/l.

## Forages

Six forages pour l'alimentation des collectivités ont été réalisés dans l'aquifère du Buntsandstein moyen et inférieur ; 3 d'entre eux ont été foncés jusque dans le Permien :

—à Philippsbourg, l'ouvrage (168-5-1) de 70 m de profondeur débutant dans les niveaux supérieurs du Buntsandstein inférieur, a fourni 24m<sup>3</sup>/h aux essais de pompage à la base de cette formation et dans les grès arkosiques du Permien ;

—en amont de Weiler, 2 forages ont été exécutés pour le District de Wissembourg, en bordure de la Lauter, dans l'aquifère du Buntsandstein inférieur et du Permien. L'un de 80 m de profondeur (168-8-39) débite 23 m<sup>3</sup>/h aux essais ; le 2° (8-40) foncé à 120 m, fournit 45 m<sup>3</sup>/h. Le niveau du toit de la nappe aux 2 forages se situe au-dessus de celui de la Lauter qui la draine. Le secteur offre la possibilité de réaliser 2 ouvrages supplémentaires de capacité analogue.

Les eaux de ces 3 forages à la base de l'aquifère, sont caractérisées par une dureté légèrement supérieure à la moyenne des eaux du Buntsandstein (entre 6 et 7,2° F) un pH se situant entre 7,4 et 8,3 dû à une teneur en bicarbonates supérieure à 80 mg/l et de calcium de 15 à 18 mg/l.

Le long de la faille rhénane, en bordure du Hochwald, les 2 forages du Syndicat de Soultz-sous-Forêts sollicitent les formations aquifères de la moitié inférieure du Buntsandstein moyen et d'une partie du Grès d'Annweiler. Celui de 190 m de profondeur (8-23) ne débite que 10 m<sup>3</sup>/h pour un rabattement de 50 m alors que l'autre de 167 m (8-19) permet un pompage de 25 m<sup>3</sup>/h pour le même rabattement.

Le forage de Lobsann (7-21) à proximité de l'ancienne source de Marienbronn, foré à 46 m de profondeur, obtient un débit de 7 m<sup>3</sup>/h pour un rabattement de 30 m.

Enfin, un forage militaire pour l'alimentation des ouvrages du Hochwald (8-21) de 140 m de profondeur, sollicite également l'aquifère du Buntsandstein à proximité immédiate de la faille rhénane.

Les eaux de ces forages ont un pH se situant entre 6 et 7 et une dureté très faible variant entre 2,3 et 5,8° F.

Près de Marienbronn, à 400 m au Sud de la faille, un forage (7-71) réalisé en 1982 en vue de l'injection dans le sous-sol des eaux utilisées pour les essais d'extraction des huiles lourdes du champ de Marienbronn, a traversé le Buntsandstein aquifère à partir de 784 m de profondeur, pour atteindre le socle granitique à 901m. A l'analyse, les eaux se sont révélées douces (moins de 10° F) relativement peu minéralisées en chlorures (72mg/l) et sulfates (185 mg/l) alors que les chlorures atteignent 10 g/l dans ces mêmes formations, au forage thermal des Hélicons à Merckwiller-Péchelbronn, et 50 g/l dans le secteur de Soultz-sous-Forêts. La température de 80° C mesurée au fond du forage indique un gradient géothermique voisin de celui du forage thermal des Hélicons, ainsi qu'une extension de l'anomalie géothermique de Soultz jusqu'aux abords de la faille rhénane.

Dans le fossé de Lembach, un ancien forage militaire réalisé en 1935 à 250 m de profondeur pour l'alimentation de l'ouvrage du Four à Chaux (7-1), a traversé 135 m de Muschelkalk, puis le Buntsandstein supérieur jusque dans la partie supérieure du Grès Vosgien. Les analyses sommaires pratiquées à l'avancement indiquent une eau dure, 47,5° F dans la nappe du Muschelkalk, puis nettement plus douce, 15,3° F dans le Buntsandstein, les teneurs en chlorures restant très faibles, respectivement 6 et 4 mg/l. La nappe du Buntsandstein, en charge sous le Muschelkalk, a fourni un débit de 11 m<sup>3</sup>/h pour un rabattement de 24 m aux essais.

Les puissantes formations aquifères du Buntsandstein du Fossé de Lembach constituent un important réservoir encore inexploité, alors que les possibilités du flanc sud du Hochwald paraissent limitées.

Le rendement de forages pratiqués dans le Buntsandstein est très variable et dépend principalement du degré de compacité et des teneurs en argile des niveaux traversés.

Les eaux du Muschelkalk d'un ancien puits de la Ligne Maginot profond de 10 m, sont d'une dureté de 41° F avec une teneur en bicarbonates de 433 mg/l, sulfates : 56 mg/l.

## RESSOURCES MINÉRALES, MINES ET CARRIÈRES

### Matériaux utiles

Beaucoup plus localisée que dans le passé, l'industrie extractive est actuellement très réduite dans le domaine couvert par la feuille.

#### Pierres de construction, dalles et pierres de bordures

Les grès du Buntsandstein ont fourni la plupart des pierres de construction utilisées dans la région. Des carrières ont été ouvertes dans les principaux niveaux gréseux, du grès d'Annweiler au Grès à *Voltzia*. La plupart d'entre-elles sont aujourd'hui abandonnées. Les châteaux féodaux sont bâtis en Grès vosgien ; les églises gothiques en Grès à *Voltzia*. Les reprises possibles d'exploitations sont essentiellement liées à la restauration de monuments anciens, après sélection des faciès les moins altérables en milieu urbain (D. Jeannette, 1981 et 1982; B.Fritz et D. Jeannette, 1981). Les calcaires du Muschelkalk supérieur ont été plus rarement utilisés en moellons. A Windstein, des pierres ornementales ont été taillées dans le granite.

#### Matériaux de viabilité

Les grauwackes et volcanites de Weiler ont servis comme ballast. D'une dureté exceptionnelle pour la région, ces roches ne sont plus exploitées en raison de l'exigüité du gisement et des contraintes d'environnement urbain. Les filons et intercalations les plus épais de volcanites et lamprophyres ont été anciennement taillés en pavés. Comme autres matériaux durs, citons, le Grès à meules du Grès à *Voltzia*, qui possède les meilleures caractéristiques des grès du Buntsandstein et les calcaires du Muschelkalk supérieur. Le Grès vosgien convient bien pour les enrochements. Les matériaux alluvionnaires font pratiquement défaut.

#### Autres matériaux

Jusqu'à une époque récente, les calcaires du Muschelkalk supérieur ont été extraits pour la fabrication de la chaux, en particulier jusqu'en 1963, au Sud-Est de Lembach. Ils donnaient une chaux grasse. La chaux hydraulique était obtenue à partir des dolomies et calcaires dolomitiques du Muschelkalk inférieur (A. Daubrée, 1852). Les dolomies de Wingen ont été utilisées comme castines dans le haut fourneau de Schönau.

La plupart des matériaux argileux ont été anciennement exploités de manière artisanale comme terre à brique, notamment au Sud-Est de Lembach (« La Tuilerie »). Au Sud-Est de Bremmelbach, une argilière extrayant les Marnes à foraminifères et les Schistes à poissons de l'Oligocène, a été récemment fermée.

Anciennement, les sables les plus propres, provenant de la désagrégation du Grès vosgien, ont servi à la fabrication du verre et des moules en sidérurgie. Les verreries locales (Matstall, Wingen ; J.C. Streicher, 1976) complé-

taient leur production en soufflant des verres fins à partir de sable importé de Niederseltz près de Wissembourg.

L'utilisation comme pierre à meule de la partie inférieure du Grès à *Voltzia* est aujourd'hui abandonnée. La compacité de certains bancs calcaires du Muschelkalk supérieur a permis de les utiliser pour faire des « chiques » pour jeux de billes (A. Daubrée, 1852).

## **Hydrocarbures et matériaux combustibles**

### **Pétrole**

L'extrémité septentrionale du champ pétrolifère de Péchelbronn se situe sur les communes de Lampertsloch et de Lobsann, les recherches effectuées plus au Nord ayant été négatives. Le pétrole a été exploité par sondages au Nord de ces deux communes. Au Nord de Lampertsloch, près de Marienbronn, ainsi qu'au Nord de Lobsann, l'huile minérale a été principalement extraite des Couches de Péchelbronn inférieures (R. Schnaebelé, 1948). Elle est localisée dans des lentilles de sables ou de grès dont l'épaisseur excède rarement 2 m mais dont la longueur peut atteindre et dépasser la centaine de mètres. L'exploitation a cessé en 1964 pour l'ensemble du champ pétrolifère, mais une expérience de récupération du pétrole par injection de vapeur a été tentée récemment à Marienbronn où les huiles sont particulièrement lourdes et visqueuses (Total Information, n° 88, p. 6-9). Avant tout méthodologique, cette expérience n'a pas débouché sur une reprise durable de l'exploitation.

### **Lignites**

Extraits dès 1740 à Cleebourg, puis à Birlenbach en 1746, les lignites du Tertiaire ont été principalement exploités au Nord-Ouest de Lobsann, dans la partie terminale de la série de Péchelbronn. Selon A. Daubrée (1852), les lignites de Lobsann proviennent principalement de la décomposition de troncs de palmiers et de conifères. Gisant au-dessus du calcaire asphaltique, ils ont été extraits en galeries, principalement entre 1789 et 1815. La galerie la plus longue avait une longueur de 200 m. De septembre 1795 à mars 1796, la production mensuelle a varié entre 471 et 1 059 quintaux (J.C. Streicher, 1976). « Propre au feu des poêles, mais impropre à la forge », en raison de sa richesse en sulfures, ce lignite a été essentiellement utilisé pour la cuisson des eaux salées de la saline de Sultz et le raffinage de la graisse minérale. Vers 1815, l'ouverture d'une fabrique de vitriol et d'alun pour utiliser les sulfures a été envisagée.

### **Asphalte**

Connus dès 1756 au lieu-dit « Saupferch » à Lobsann (A. Daubrée, 1852), les sables asphaltiques ont été exploités à partir de 1794, sous l'impulsion de G.C. Rosentritt, directeur de la saline de Sultz et des houillères de Lobsann. Ces sables se trouvaient 5 à 6 m au-dessous de la couche de lignite. Outre des recherches de marché pour l'asphalte (espalmage des navires, principalement), cet inventeur mis au point des méthodes d'extraction de



l'asphalte des calcaires (J.C. Streicher, 1976) qui fit ultérieurement la renommée des mines de Lobsann. Extrait des sables, dès 1820 et des calcaires à partir de 1838, l'asphalte a été utilisé pour fabriquer du mastic d'étanchéité, exporté dans le monde entier sous forme de pains moulés de 25 kg ; des carreaux pour dallages et des revêtements de chaussées. Les sables asphaltiques ont été exploités 300 m environ au Sud-Ouest du moulin des sept Fontaines, par puits et galeries. Leur teneur moyenne était faible, 1,5 à 2,5 % en moyenne. Les calcaires ont été dépilés en galeries, totalisant environ une dizaine de kilomètres, dans un domaine situé entre l'affleurement de calcaire asphaltique figuré sur la carte et la faille rhénane. Des précisions sur ces anciennes mines, fermées en 1950 sont données par Héricart de Thury, 1838 ; A. Daubrée, 1852 ; A. Andreae, 1884 ; L. Van Werveke, 1910 ; J.O. Haas et C.R. Hoffmann, 1928 ; R. Schnaebeler, 1948 ; Weil *et al*, 1971 et C. Sittler, 1985. Selon A. Daubrée (1852), des grès bitumineux étaient exploités à Drachenbronn en 1758 et Birlenbach en 1786.

### **Tourbe**

De la tourbe fut extraite dans le vallon du Neudoerfel entre Dambach et Sturzelbronn. Selon A. Daubrée (1852), l'épaisseur moyenne de ce gisement est de 0,8 m et sa superficie de 20 ha.

### **Gîtes métallifères**

Le territoire couvert par la feuille de Lembach ne renferme qu'un petit nombre de gîtes métallifères situés dans la partie sud-orientale de la feuille dans la zone du champ de fractures bordant le fossé Rhénan. La plupart de ces gîtes ont fait l'objet de recherches ou exploitations minières très anciennes. Les caractéristiques des principaux indices et gîtes sont figurés sur le tableau V.

Sur une vingtaine de kilomètres, depuis Vorder-Weidenthal au NE en R.F.A. jusqu'au Windstein au SW, *des chapeaux de fer*, coiffant un réseau filonien discontinu, jalonnent la faille vosgienne ou les fractures de la zone de paliers d'effondrement située en bordure NW du fossé de Lembach. D'abord *exploités pour fer* dès le XVI<sup>e</sup> siècle, ils ont fait l'objet par la suite de *recherches et débuts d'exploitations pour Plomb et Argent*.

Un premier témoignage écrit mentionne une première recherche dans la région de Bobenthal en 1571, mais c'est principalement vers 1770 que l'activité minière connut sa période florissante.

Les exploitations principales jalonnent la faille vosgienne : Bremmelsberg près de Bundelthal (Fe : 1748-1811) ; Mont Humbert (Fe : 1772-1814) ; Nothweiler (Fe : 1774-1823) ; Litschhof, Thalenberg et Gimbelhof (Fe : 1815-1824 et 1834-1844) ; Fleckenstein (Fe : 1817-1837) ; Froensburg et Katzenthal (Fe : fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, Pb-Ag : 1826-1829).

Les exploitations de Niederschlettenbach (Fe : 1774-1853) ; Bobenthal (Fe puis Pb, Ag du XVI<sup>e</sup> au XVIII<sup>e</sup> siècle) et d'Erlenbach (Pb-Ag : 1765-1803) jalonnent des fractures parallèles à la faille vosgienne.

Les minerais de fer étaient traités dès 1592 à Schönau. Le haut-fourneau

de Schönau qui fondait au début du XVIII<sup>e</sup> siècle 300 tonnes de fer fut arrêté au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle.

La production de plomb et argent des anciennes mines d'Erlenbach, Bobenthal et Katzenthal est insignifiante.

Récemment, dans le cadre de l'inventaire général des ressources minières du territoire national, ces anciens travaux ont fait l'objet d'un réexamen par le BRGM et après études géochimiques et minéralogiques des chapeaux de fer de reconnaissances en profondeur par sondages carottés.

Du point de vue minéralogique les espèces minérales suivantes ont été déterminées :

- sur des échantillons de chapeaux de fer pris sur les haldes du Froensburg, du Katzenthal et du Windstein : anglésite, argent natif, argentite, aurichalcite, barytine, blende, cérosite, chésoylite, chrysocolle, covellite, digénite, hémimorphite, galène, limonite, malachite, manganite, mimétèse, psilomélane, pyrolusite, pyromorphite, quartz, rancieite, smithsonite et wulfénite.
- en profondeur sur des échantillons de carottes de sondages et dans une gangue quartzobarytique : blende, chalcocite, covellite, galène et greenockite (CdS).

— des amas d'oxydes et de sulfures de fer, d'importance quantitative restreinte, localisés au sommet de la dolomie limite de la Lettenkohle dans des niveaux argileux jaunâtres ont également fait l'objet d'anciennes recherches en aval du Col du Pigeonnier, près de Climbach, près de Pfaffenbronn et dans le bois de Goersdorf.

Cités dans la liste des références bibliographiques, les notes et ouvrages de F. de Dietrich (1789), A. Daubrée (1845 et 1852), J.E. Gerock (1929), H. Rhein (1938), J.C. Streicher (1976 b, 1977, 1979, et 1981), P. Fluck et A. Taesch (1984) apportent de nombreuses données sur les anciennes mines de la région de Lembach.

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 tous prélèvements, fouilles, implantations 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).

## **DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE**

### **DESCRIPTION DE SITES CLASSIQUES ET D'ITINÉRAIRES**

Les itinéraires 1 et 4 du **Guide géologique régional : Vosges-Alsace** (J.P. von Eller, 1976 ; 2<sup>e</sup> éd. révisée 1984), intéressent la feuille Lembach. Les itinéraires 17 et 18 du **Sammlung geologischer Führer**, n° 78 (L. Trunko, 1984) recouper également la carte. Mentionnée dans ces deux guides, la

**TABLEAU V : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX**

| <b>Nom du gîte</b>                  | <b>Indice de classement national</b> | <b>Substance</b> | <b>Minéraux</b>  | <b>Forme du gîte</b>    | <b>Roche encaissante</b>        | <b>Remarques</b>   |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------|--|-------------------------|---------------------------------|--|
| Listchhof                           | 3.4001                               | Fe               | Hématite<br>Limonite<br>Barytine                         | Filon<br>Chapeau de fer | Grès des Vosges                 | Une galerie de 104 m suit une série de veines d'hématite de 10 à 50 cm d'épaisseur. Prospection géochimique. |
| Le Schaufelshalt                    | 3.4002                               | Fe, Zn           | Oxyde fer<br>Hydroxyde fer<br>Oxyde manganèse            | Filonnets<br>Faille     | Grès des Vosges                 | Anciens travaux pour fer. Prospection géochimique.   |
| Mattstall<br>Trautborn              | 6.4001                               | Fe               | Quartz<br>Hématite<br>Limonite                           | Filon                   | Grès des Vosges                 | Filonnets dans la faille du Katzenthal.  |
| Nidersbronn                         | 6.4002                               | Fe               | Quartz<br>Limonite<br>Galène<br>Cérusite<br>Pyromorphite | Disséminé<br>Filon      | Grès, quartzite                 | Ancienne exploitation de fer. Prospection géochimique.   |
| Windstein                           | 6.4003                               | Fe               | Quartz<br>Hématite                                       | Filon                   | Grès vosgiens                   |  |
| Ochsenkopf                          | 6.4004                               | Fe               | Hématite<br>Limonite                                     | Filon                   | Grès vosgiens                   |  |
| Soultzthal<br>Soultzthal            | 6.4005                               | Fe               | Hématite<br>Limonite<br>Oxyde manganèse                  | Filonnets<br>Faille     | Grès vosgiens                   | Dans la faille de Katzenthal   |
| Maison forestière de<br>Lampersloch | 7.4001                               | Fe               | Limonite<br>Sidérite<br>Barytine                         | Amas                    | Argile, sable<br>sidérolithique | Exploitation superficielle.  |

**TABLEAU V : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)**

| Nom du gîte          | Indice de classement national | Substance     | Minéraux  | Forme du gîte           | Roche encaissante            | Remarques   |
|----------------------|-------------------------------|---------------|---|-------------------------|------------------------------|---|
| Forêt de Lembach     | 7.4002                        | Fe            | Quartz<br>Limonite<br>Hématite  | Amas                    | Argile, sable sidérolithique | Le minerai était phosphoreux.   |
| Champ de Marienbronn | 7.4003                        | hui           |   | Amas                    | Dolomie<br>Grès              | Usine pilote pour récupération d'huiles lourdes.  |
| Pfaffenbronn         | 7.4004                        | Fe            | Limonite<br>Apatite<br>Jaspe<br>Arsenic   | Amas                    | Sable<br>Argile              | Fouilles superficielles anciennes.  |
| Katzenthal           | 7.4005                        | Fe,<br>Pb, Zn | Barytine<br>Quartz<br>Limonite<br>Sidérite<br>Galène<br>Blende<br>Pyromorphite<br>Mimérite                              | Filon<br>Chapeau de fer | Grès vosgiens                | Réouverture d'anciennes galeries. Prospection géochimique. Sondages carottés.   |
| Puits du Katzenthal  | 7.4006                        | Pb,<br>Zn, Ag | Quartz<br>Barytine<br>Limonite<br>Hématite<br>Galène<br>Blende<br>Pyromorphite<br>Argent natif<br>Digénite<br>Covellite | Filon<br>Chapeau de fer | Grès vosgiens                | Puits de 6 à 10 m. Galeries de 196 et 236 m. Recoupes 10 à 25 m. Prospection géochimique. Production 1826 : 384 quintaux de Pb, 120 quintaux de litharge, 41,230 kg Ag. En 1827 : 610 quintaux de Pb et litharge, 31 kg Ag. |

**TABEAU V : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)**

| Nom du gîte    | Indice de classement national | Substance  | Minéraux   | Forme du gîte           | Roche encaissante            | Remarques  |
|----------------|-------------------------------|------------|--|-------------------------|------------------------------|--|
| Froensburg     | 7.4007                        | Fe, Pb, Ag | Hématite<br>Limonite<br>Pyromorphite<br>Cérusite       | Filon<br>Chapeau de fer | Grès, conglomérat            | 1 galerie de 76 m. Montage et descenderie remblayés. Prospection géochimique. Ag= 5 à 7 g/t, Cd= 11 à 27 g/t.                        |
| Fleckenstein   | 7.4008                        | Fe, Pb, Zn | Hématite<br>Limonite<br>Galène<br>Cérusite             | Filon<br>Chapeau de fer | Grès vosgiens                | Anciens travaux, haldes importantes. Prospection géochimique.  |
| Gimbelhof      | 7.4009                        | Fe         | Hématite<br>Limonite<br>Sulfure de cuivre, plomb, zinc | Filon                   | Grès vosgiens                | 4 haldes alignées. Prospection géochimique, teneurs en Pb, Zn, Ag.   |
| Thalenberg     | 7.4010                        | Fe         | Hématite<br>Limonite                                   | Filon<br>Chapeau de fer | Grès, conglomérat            | Filons parallèles et convergents sur 3 à 50 m de large, excavations et haldes. Production de 1818 à 1822 : 12 500 quintaux de fonte. |
| Pfaffenbronn-2 | 7.4013                        | Fe         | Quartz<br>Hydroxyde de fer et phosphate                | Amas                    | Argile, sable sidérolithique | Petits travaux, fer en rognons.  |
| Marienbronn    | 7.4014                        | Ba         | Barytine   |                         | Grès à galet du Trias        |  |

**TABLEAU V : GÎTES ET INDICES MINÉRAUX (suite)**

| <b>Nom du gîte</b> | <b>Indice de classement national</b> | <b>Substance</b> | <b>Minéraux</b>  | <b>Forme du gîte</b> | <b>Roche encaissante</b>     | <b>Remarques</b>  |
|--------------------|--------------------------------------|------------------|--|----------------------|------------------------------|---|
| Kuhbruck-Kuhbrücke | 7.4015                               | Fe               | Quartz<br>Hématite<br>Limonite<br>Phosphore<br>Arsenic | Amas                 | Argile, sable sidérolithique | Petits travaux de surface.  |
| Mommelshoffen      | 8.4001                               | Fe               | Limonite   | Amas                 | Argile, sable sidérolithique | Petits travaux de surface.  |
| Drachenbronn       | 8.4002                               | Fe               | Limonite   | Amas                 | Sable, argile                | Petits travaux de surface.  |
| Cleebourg          | 8.4003                               | Fe               | Limonite   | Amas                 | Sable, argile                | Petits travaux de surface.  |
| Mine de Lobsann    | 8.4004                               | Bit,<br>Lig      | Bitume<br>Lignite<br>Pyrite<br>Arsenic                 | Amas<br>Couche       | Sable, grès<br>Calcaire      | 400 m de galeries en plusieurs étages, chambre de pilage, le bitume représente 5 à 12 % en poids. |
|                    |                                      |                  |  |                      |                              |   |

carrière ouverte dans le Muschelkalk supérieur entre Lembach et Wingen ne montre plus guère de front de taille et est en voie de comblement.

### DOCUMENTS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la carte et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au SGR Alsace, 204, route de Schirmeck, 67200 Strasbourg, soit à la Maison de la Géologie, bureau annexe du BRGM, 77, rue Claude-Bernard, 75005 Paris.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADLOFF M.C. (1968) - Contribution à l'étude palynologique du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur). Thèse 3<sup>e</sup> cycle univ. Strasbourg, 66 p., 10 pl.

ADLOFF M.C, DOUBINGER J. (1969) - Étude palynologique dans le Grès à *Voltzia* (Trias inférieur). Bull.serv. Carte géol. Als. Lorr., t.22, n°1-2 p. 131-148, 2 pl., Strasbourg.

ADLOFF M.C, DOUBINGER J. (1978)-Associations palynologiques du Trias et du Lias inférieur de l'Ouest de l'Europe (Luxembourg, France, Portugal). Coll. intern. Pal. Léon, 5-10 sept. 1977, *Palinologia*.

ADLOFF M.C, DOUBINGER J., GEISLERD. (1982)-Étude palynologique et sédimentologique dans le Muschelkalk moyen de Lorraine. *Sciences de la Terre*, t. XXV, n°2, p. 91-104.

AIGNER T. (1979) - Schill tempestite im oberen Muschelkalk (Trias, SW Deutschland) *N. JB. Geol Paläont. Abh. Stuttgart*, 153, 3, p. 326- 343.

AIGNER T. (1985) — Storm Depositional Systems : Dynamic stratigraphy in Modern and Ancient Shallow-Marine Sequences, p. 51-154, Berlin.

ANDREAE A. (1884) — Ein Beitrag zur Kenntnis des Elsässer Tertiärs. *Abhand. zur geol. Spezialkarte von Els. Lothr.*, Band II, Heft 3, Strasbourg.

ANDREAE A., BENECKE E.W., SCHUMACHER E., WERVEKE L. van (1892) — Erläuterungen zu Blatt Weissenburg. *Geol Spec. Karte von Els. Lothr.*, 42, 85 p., Strasbourg.

BACKHAUS E. (1974) — Limnische und fluviatile Sedimentation im südwestdeutschen Buntsandstein. *Geol. Rdsch.*, 63, p. 925-942, Stuttgart.

BAROZ F. (1967) - Contribution à l'étude de la Dolomie de Beaumont (Keuper moyen de Lorraine). D.E.S. fac. sciences Nancy.

BASSAHAK J. (1985) — Pétrologie, géochimie et pétrologie structurale de

la granodiorite de Jaegerthal - Windstein. D.E.A. univ. Nancy I,30 p., 36 fig., X tabl., 4 p. bibliog., 3 p. ann.

BASSAHAK J., GAGNY C. (1987) - La granodiorite de Windstein (Bas-Rhin France) : un témoin de la cohorte des granites « rouges » vosgiens. 112<sup>e</sup> Congrès des Soc. sav., Lyon, Sciences, fasc. 1, p. 33-43.

BAYER U., ALTHEIMER E., DEUTSCHLE W. (1985) - Environmental evolution in shallow epicontinental seas : sedimentary cycles and bed formation. *In* Bayer U. et Seilacher A. (1985) — Sedimentary and Evolutionary cycles, p. 347-381.

BENECKE E.W. (1877) - Über die Trias in Elsass-Lothringen und Luxemburg. *Abh. geol. Spez.-Karte Els. Loth.*, 1, H. 4, p. 491-831, Strasbourg.

BENECKE E.W. (1888) - Über den Buntsandstein des Gegend von Weisenburg. (*Ber. über die Tätigkeit der Commission für die geol. Landes- Untersuchung von Elsass-Lothringen, 1885*). *Mitt. Comm. geol. Landesuntersuchung von Els.-Lothr.*, 1, p. IX-XIII, Strasbourg.

BENECKE E.W. (1892) - Erläuterungen zu Blatt Lembach. *Geol. Spec. Karte von Els. Lothr.*, 41, 46 p., Strasbourg.

BENECKE E.W. (1914) - Über die dolomitische Region in Elsass-Lothringen und die Grenze von Muschelkalk und Lettenkohle. *Mitt. d. Geol. Landesant. von Els.-Lothr.*, IX, I, p. 1-22, Strasbourg.

BONJER K.P., FUCHS K. (1979) - Realtime monitoring of seismic activity and earthquake mechanism in the Rhinegraben area as basis for prediction. Proc. ESA Council of Europ Seminar on Earthquake Prediction. Sp. 149, p.57-62.

BREUER R., FEIST M. (1986) - Biostratigraphisch bedeutsame Charophyten aus dem Alttertiär von Erdölfeldern des Oberrheingrabens. *Newsl. Stratigr.*, 16 (3), p. 139-147, Berlin.

BRUNNER H. (1973) - Stratigraphie und Sedimentpetrographie Untersuchungen am Unteren Keuper (Lettenkeuper, Trias) im nördlichen Baden-Württemberg. *Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. N.F.* 70, p. 1-85, Stuttgart.

CAVELIER C. (1979) - La limite Éocène-Oligocène en Europe occidentale. *Sci. Géol.* mém. 54, p. 116-118, 162-163, 181-182, Strasbourg.

CHATEAÛNEUF J.J. (1980) - Palynologie et paléoclimatologie de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène du Bassin de Paris. *Mém. BRGM*, n° 116, p. 292-299, Orléans.

COULOMBEAU C. (1981)—Étude et reconnaissance par sondages carottés des minéralisations liées aux chapeaux de fer de Lembach. Rap. BRGM. 81RDM004FE.

DACHROTH W. (1967) - Stratigraphie und tectonik im Hauptbuntsands-



tein des östlichen Saarlandes. Die Stratigraphische Stellung des Hauptkonglomerates. *Ann. Univ. Sarav.*, 5, p. 173-219, Berlin.

DACHROTH W. (1985 a) - Rehbergsschichten. *Mainzer geowiss. Mitt.*, p. 7-40.

DACHROTH W. (1985 b) - Fluvial Sedimentary Styles and Associated Depositional environments in the Buntsandstein West of River Rhine in Saar Area and Pfalz (F.R. Germany) and Vosges (France). In Mader D. (Editor), Aspects of fluvial sedimentation in the lower triassic Buntsandstein of Europe. *Lectures Notes in Earth Sciences*, 4, p. 197-248, Springer ed.

DAUBRÉE A. (1845) — Note sur une zone d'amas ferrugineux. *Bull. Soc. géol. France*, t. 3, p. 169-174.

DAUBRÉE A. (1852)—Description géologique et minéralogique du Département du Bas-Rhin, 501 p., Strasbourg.

DIETRICH P.F. de (1789) - Description des gîtes et minerais de la Haute-et Basse-Alsace. Paris, Didot éd.

DIETZ V. (1965) — Beiträge zur Géologie und Sedimentologie des Südwestlichen Hunsrückrandes. *Ann. Univ. Sarav.*, 4, p. 41-120, Berlin.

DOEBL F., MULLER C., SCHULER M., SITTLER C., WEILER H. (1976) — Les Marnes à foraminifères et les Schistes à poissons de Bremelbach (Bas-Rhin). Études sédimentologiques et micropaléontologiques. Reconstitution du milieu au début du Rupélien dans le Fossé rhénan. *Sci. Géol. Bull.*, 29, 4, p. 285-320, Strasbourg.

DUBOIS G. (1938) - Empreinte de Sabal à Lobsann. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 5, p. 1-6, Strasbourg.

DUBOIS G., DUBOIS C., HÉE A., WALTER E. (1938) - La végétation et l'histoire de la tourbière d'Erlenmoos en Vosgovie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Moselle*, 35<sup>e</sup> cahier, p. 41-54.

DURAND M. et MEYER R. (1982) - Silicifications (silcrètes) et évaporites dans la Zone-limite-violette du Trias inférieur lorrain. Comparaison avec le Buntsandstein de Provence et le Permien des Vosges. *Sci. Géol. Bull.*, 35, 1-2, p. 17-39, Strasbourg.

DURINGER P. (1982) - Sedimentologie et paléoécologie du Muschelkalk supérieur et de la Lettenkohle (Trias germanique) de l'Est de la France. Diachronie des faciès et reconstitution des paléoenvironnements. Thèse 3<sup>e</sup> cycle univ. Strasbourg, 96 p., 11 pl. h.t.

DURINGER P. (1984) - Tempêtes et tsunamis : des dépôts de vagues de haute énergie intermittente dans le Muschelkalk supérieur (Trias germanique) de l'Est de la France. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XXVI, n<sup>o</sup> 6, p. 1177-1185.

DURINGER P. (1987) - Une mégaséquence d'émersion : la Lettenkohle (Trias, Est de la France). Mise en évidence de marées par l'imbrication bipolaire de plaques de dessiccation. *Geologische Rundschau*, 76/2, p. 579-597, Stuttgart.

DURINGER P. (1988) — Les conglomérats de la bordure du rift cénozoïque rhénan. Dynamique sédimentaire et contrôle climatique. Thèse Sciences Univ. Strasbourg.

DURINGER P., DOUBINGER J. (1985) - La palynologie : un outil de caractérisation des faciès marins et continentaux à la limite Muschelkalk supérieur-Lettenkohle. *Sci. Géol. Bull*, 38, 1, p. 19- 34, Strasbourg.

DURINGER P., HAGDORN H. (1987) - La zonation par cératidés du Muschelkalk supérieur lorrain (Trias, Est de la France). Diachronisme des faciès et migration vers l'Ouest de dispositif sédimentaire. *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. III, p. 601-609.

EDEL J.B., CAMPOS-ENRIQUEZ O., GOUPILLOT M., KIROK.N. (1982) — Levé magnétique au sol du Fossé rhénan supérieur. Interprétation géologique. *Bull. BRGM*, (2), I, n°3, p. 179-192, Orléans.

ELLER J.P. von (1976) — Vosges-Alsace. Guide géologique régional, 2<sup>e</sup> éd., coord. par M. Wolf, 1984, 182 p., Masson éd., Paris.

ENGEL R. (1977) - Flore de Vosgovie. *Saisons d'Alsace, N<sup>lle</sup> Sér.*, n° 61-62, p. 115-138, Strasbourg.

ENRIQUEZ E., GEISSERT D. (1978) - Détermination des zones de potentialités agricoles par l'étude et la cartographie des géomicrochores (collines sous-vosgiennes de l'Outre forêt : Preutchedorf-Lobsann). Rapport DEA, Univ. Strasbourg, 63 p., 9 cartes.

FIRBAS F. (1934)—Zur spät—und nacheiszeitlichen Vegetationgeschichte der Rheinpfalz. *Beih. Botan., Centralblatt*, Bd. LU, Abt. B, Heft 1, p. 120-156, pl. XVI.

FISCHER F. (1962) — Geomorphologische Beobachtungen zwischen dem mittleren Oberrhein und der mittleren Mosel. *Ann. Univ. Saarav.*, X, p. 13-48. Saarbriicken.

FLUCK P., TAESCH A. (1984) - Lembach. 3 - Les mines. Encyclopédie de l'Alsace, vol. 8, p. 4703-4708, Publitotal éd., Strasbourg.

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. Proposition d'axes de recherches. Programme Géologie profonde de la France, *Document du BRGM* n° 146, 136 p., Orléans.

FORCHE F. (1935) — Stratigraphie und Paläogeographie des Buntsands-

teins im Umkreis der Vogesen. *Mitt. Geol. Staatsinstitut Hamburg*, Heft XV, p.15-55.

FORRER R. (1924) - Burbach et deux nouvelles stations du Paléolithique inférieur en Basse Alsace. Bonnefontaine et Goersdorf. *Cahiers alsaciens d'Archéologie, d'Art et d'Histoire*, XV<sup>e</sup> année, p. 57-60.

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.

FRITZ B., JEANNETTE D. (1981)-Péetrographie et contrôle géochimique expérimental des transformations superficielles de grès de monuments. *Sci. Géol. Bull.*, 34, 4, p. 193-208, Strasbourg.

GALL J.C. (1971) — Faunes et paysages du Grès à *Voltzia* du Nord des Vosges. Essai paléocéologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.* 34, 318 p., Strasbourg.

GALL J.C. (1972) — Permanence du régime de chenaux et de flaques dans les Vosges du Nord pendant toute la durée du Buntsandstein. *Sci. Géol. Bull*, 25, 4, p. 307-321, Strasbourg.

GALL J.C, DURAND M., MULLER E. (1977) - Le Trias de part et d'autre du Rhin. Corrélations entre les marges et le centre du bassin germanique. *Bull. du BRGM*, 2<sup>e</sup> sér., sect. 4, n° 3, pp. 193-204.

GALL J.C, GRAUVOGEL L. (1967) - A propos d'une végétation fossile conservée *in situ* dans le Buntsandstein supérieur des Vosges. *C.R. somm. Soc. géol. France*, 11, fasc. 7, p. 301-303.

GAMERMANN N. (1979) - Contribution à l'étude de la diagenèse des grès : couleur rouge, argiles authigènes et induration. Formations d'Estrada Nova, de Rosario do sul et de Botucatu (Brésil) et Buntsandstein des Vosges (France). *Mém. Sci. Géol.* 59, 121p., Strasbourg.

GEISLER D. (1978) - Une coupe détaillée dans le Muschelkalk moyen à Sarrebourg (Moselle). *103<sup>e</sup> congrès nat. Soc. Sav. Sciences*, fasc. IV, p. 335-341.

GEISLER-CUSSEY D. (1986) - Approche sédimentologique et géochimique des mécanismes générateurs de formations évaporitiques actuelles et fossiles. Marais salants de Camargue et du levant espagnol, Messinien méditerranéen et Trias lorrain. *Sciences de la Terre*, Mém. 48,226 p., 21 pl. Nancy.

GEISLER D., ADLOFF M.C, DOUBINGER J. (1978) - Découverte d'une microflore d'âge Carnien inférieur dans la série salifère lorraine. *Sciences de la Terre*, t.XXII, n°4, p.391-399, 1 pl. h.t., Nancy.

GENSER H. (1965) - Fossilfunde aus den Schieferen von Weiler bei Wissemburg/Elsass. *Jber. u. Mitt. oberth. geol. Ver.* N.F. 47, p. 153-157, Stuttgart.

GEROCK J.E. (1929) — Quelques observations relatives à la région du

Hochwald (entre Sauer et Lauter). *Bull. Ass. Philomat. Als. Lorr.*, t. VII, p. 294-295.

GILLET S. (1950) — La faune des invertébrés de Pechelbronn. *Rev. Inst.fr. Pétrole*, 5, p. 77-80 et 104-119.

GRAMBAST L. (1972) - Principes de l'utilisation stratigraphique des Charophytes. Application au Paléogène d'Europe occidentale. *In* Colloque sur les méthodes et tendances de la Stratigraphie. Orsay, sept. 1970, *Mém. BRGM*n°77, t.I, p. 319-328.

GRAUVOGEL-STAMM L. (1978) - La flore du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur) des Vosges du Nord (France). Morphologie, anatomie, interprétation phylogénétique et paléogéographique. *Sci. Géol.* Mém. 50,225 p., 54 pl. h.t., Strasbourg.

HASS J.O., HOFFMANN C.R. (1928) - Le gisement de calcaire asphaltique de Lobsann. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t.I, fasc.3, p.277-301, pl. XII et XIII h.t., Strasbourg.

HAGUENAUER B. (1963) - Étude séquentielle du Muschelkalk supérieur lorrain. *Mém. BRGM*, 15, p. 148-153.

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.

HENTSCHEL H. (1963) - Die permischen Ablagerungen im östlichen Pfälzer Wald (Haardt) zwischen Neustadt-Lambrecht und Klingenstein-Silz. *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch*, 91, p. 143-176, Wiesbaden.

HÉRICART DE THURY (1838) - Notice sur les mines d'asphalte, bitume et lignite de Lobsann.

HERRMANN A. (1962) — Epirogene Bewegungen im germanischen Buntsandstein-becken und deren Bedeutung für lithostratigraphische Parallelisierung zwischen Nord- und Süddeutschland. *Geol. jb., Deutsch.*, 81, p. 11-72.

HOLLINGER J. (1970) — Beitrag zur Gliederung des Deckgebirges der Nordvogesen. *Z. dtsh. geol. Ges.*, 121, p. 79-91, Hannover.

ILLIES J.H. (1963) — Der Westrand des Rheingraben zwischen Edenkoben (Pfalz) und Niederbronn (Elsass). *Oberrhein Geol. Abh.* 1-2, p. 1-23,1 carte à 1/60 000 h.t, Karlsruhe.

ILLIES J.H. (1979) — Mechanisms of graben formation. *Tectonophysics*, vol. 73, n° 1-3, p. 249-266.

ILLIES J.H., GREINER G. (1978) - Rhinegraben and the alpine System. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 89, N° 5, p. 770-782.

ILLIES J.H., GREINER G. (1979) - Holocene movements and state of stress in the Rheingraben rift system. *Tectonophysics*, 52, p. 349-359, Amsterdam.

JAEGER J.J. (1971) — La faune de micromammifères de Bouxwiller (Haut-Rhin) et sa constitution à l'échelle des zones biochronologiques de l'Éocène européen. *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, 24, 2-3, p. 93-105, Strasbourg.

JEANNETTE D. (1981) — Modification des grès en œuvre dans les monuments alsaciens. *Sci. Géol Bull*, 34, 4, p. 37-46, Strasbourg.

JEANNETTE D. (1982) - Altération des grès. Encyclopédie de l'Alsace. Vol.I, p. 163-168, Publital éd.

KESSLER P. (1909) - Die Tertiären Kustenkonglomerate in der mittelhiesigen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung der elsässischen Vorkommen. *Mitt. geol. Landesamt. Els. Lothr.*, 12, p. 167-292, Strasbourg.

KEHN-ZANINETTI L., BRONNIMANN P., GALL J.C. (1969) - Description de quelques foraminifères du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur) des Vosges (France). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 22,1-2, p. 121-131, 3 pl., Strasbourg.

KONRAD H. J. (1971) - Über die Verbreitung von Unterem Buntsandstein in den Nordvogesen. *Abh. hess. L.-Amt. Bodenforsch.*, 60, p. 258-262, Wiesbaden.

KONRAD H.J. (1973) — Zur gliederung des höheren Buntsandstein des Pfals. *Mainzer geowiss. Mitt.*, 2, p. 35-44, Mainz.

KONRAD H.J. (1979) - Erläuterungen zu Blatt 6811 Pirmasens-Süd. Geol. Kte. Rhéinl.-Pfalz 1:25 000, 63 p. Mainz.

KOSSMAT F. (1927) - Gliederung des variszischen Gebirgsbaues. *Abh. Sächs. Geol. Landesamtes*, 1, 39 p.

KOZUR H. (1974) - Biostratigraphie der gerirtanischen Mitteltrias, Teil I und II. *Freiberger forschungsh.* Leipzig, C 280, Teil I, 56 p., Teil II, 70 p.

LEPPLA A. (1888) - Über den Buntsandstein im Haardtgebirge (Nordvogesen). *Geognostische Jahreshefte*, Band 1, Kassel.

LERICHE M. (1927) — Les poissons de la Molasse suisse. *Mém. Soc. pal. Suisse*, p. 46-47.

LINCK G. (1884) — Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwacken gebietes von Weiler bei Weissenburg. *Abh Geol. Spezialkarte von Els. Lothr.* Band III, Heft I, p. 1-71, 1 pl. coupes, 1 carte h.t., Strasbourg.

LIPPOLT H.J., TODT W., HORN P. (1974) - Apparent Potassium Argon Ages of lower Tertiary Rhine Graben volcanics. *In Illies J.H. et Fuchs K.*

(1974) - Approach to Taphrogenesis. Proceed. int. Rift Symposium Karlsruhe 1972. Scientif. report n°8, Schweizerbart éd. Stuttgart p. 213-221.

MADER D. (1985) — Depositional mechanisms and facies models of inter-tonguing aeolian environment and fluvial milieu in the Middle Buntsandstein of Mid-European Triassic Basin. *In* Mader D. (Editor), Aspect of fluvial sedimentation in the Lower Triassic Buntsandstein of Europe. *Lectures Notes in Earth Sciences*, 4, p. 127-163, Springer éd.

MARCHAL C. (1983) — Le gîte salifère keuperien de Lorraine-Champagne et les formations associées. Études géométriques. Implications génétiques. *Sciences de la Terre*, Mém. 44, 1 vol. texte, 139 p., 1 vol. XV pl. h.t., Nancy.

MOSER Ç., GALL J.C., TARDY Y. (1972) - Géochimie des illites du Grès à *Voltzia* du Buntsandstein supérieur des Vosges du Nord (France). *Chemical geology*, vol. 10, p. 157-177.

MULLER C. (1971) — Nannoplankton-Gemeinschaften aus dem W. deutschen Mittel-Oligocän. *Notizbl. hess., L. Amt. Bodenforch*, 99, p. 43-53.

MULLER E.M. (1954) — Beiträge zur Kenntnis des Stratigraphie und Paläogeographie des Oberen Buntsandsteins im Saar-Lothringischen Raum. *Ann. Univ. Sarav. Sci*, 3, p. 176-200, Saarbrücken.

MUNZING K. (1956) - Geologische Beobachtungen. im Pfalzerwald. *Pfalzer Heimat*, 7, p. 14-16, Speyer.

ORTLAM (1967) — Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwartzwald und südlichen Odenwald. *Geol. Jbr.*, 84, p. 485-590, Hannover.

PALAIN C. (1966) — Contribution à l'étude sédimentologique du « Grès à Roseaux » (Trias supérieur) en Lorraine. *Sci. de la Terre*, 11, p.245-291, Nancy.

PERRIAUX J. (1961) - Contribution à l'étude des Vosges gréseuses. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 18, 236 p.

PLEWE E. (1938) — Geomorphologie Studien am Pfälzischen Rheingrabenrand. *Bad. Geogr. Abh.*, 19, Freiburg i. Br.

RHEIN M. (1938) — Les scories bleues du vallon du Schmelzbach (près Lembach). *Bull. Ass. philomat. Als. Lorr.*, t. VIII, fasc. 6, p. 502-505, Strasbourg.

RICHTER-BERNBURG G. (1974) - Stratigraphische Synopsis des deutschen Buntsandstein. *Geol. j.b., Dtsch.*, 25, p. 127-132.

RICOUR J. (1954) — Contribution à une révision du Trias français. *Mém. Serv. Carte géol. France*, 63, 471 p.

SAINTY J., SCHELLMANN R. (1984) - Le gisement mésolithique de Lembach - Climbach - (Bas-Rhin) - Étude de l'outillage lithique. *Cahiers*

alsaciens d'Archéologie, d'Art et d'Histoire, t. XXVII, p. 5-16, Strasbourg.

SHELLMANN R. (1976) - L'Outre-Forêt, un passé archéologique peu connu. *Saisons d'Alsace*, n°59, p. 19-33.

SCHIRARDIN J. (1953) - Les surfaces prétertiaires dans la vallée du Rhin. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 236, p. 1806-1808.

SCHNAEBELE R. (1948) - Monographie géologique du Champ pétrolier de Pechelbronn. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 7,254 p., XI pl. h.t., Strasbourg.

SCHULER M. (1988) — Environnements et paléoclimats paléogènes. Palynologie et biostratigraphie de l'Éocène et de l'Oligocène inférieur dans les fossés rhénan, rhodanien et de Hesse. Thèse Sci. univ. Strasbourg, 383 p., 14 pl. h.t., 80 p. ann.

SCHULER M., OLLIVIER M.F. (1982) - Étude palynologique (pollens et spores) du Lutétien continental de Bouxwiller (Bas-Rhin, France). *Sci. Géol. Bull*, 34, 4, p. 219-238, Strasbourg.

SCHUMACHER E. (1891) - Erläuterungen zu Blatt Volmunster. *Geol. Spez. Karte von Els.-Lothr.* n°28, 64 p., Strasbourg.

SITTLER C. (1965) — Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Études sédimentologiques et paléontologiques. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 24, 392 p., Strasbourg.

SITTLER C. (1985) — Les hydrocarbures d'Alsace dans le contexte historique et géodynamique du Fossé rhénan. *BCREDP*, 9, p. 360-366.

STAESCHE K. (1927) - Der Buntsandstein des Saarlandes. Ein Beitrag zu Kenntnis der linksrheinischen Unteren Trias. *Festschr. 55, Tgg. oberhein. geol. Ver. Saarbrücken*, p. 39-91.

STREICHER J.C. (1976 a) - Georges-Chrétien Rosentritt. Directeur de la saline de Sultz et de la houillère de Lobsann (1789-1815). *Saisons d'Alsace*, N<sup>lle</sup> sér., n°59, 21<sup>e</sup> an., p. 76-85.

STREICHER J.C. (1976 b) — Anciennes mines et verreries du pays de Lembach. *De Eichbaam*, 13, 3 p., Lembach.

STREICHER J.C. (1977) - La mine de fer du Fleckenstein. *De Eichbaam*, 17, 2 p., Lembach.

STREICHER J.C. (1979) - La mine de fer de Dahlenberg. *De Eichbaam* 1<sup>re</sup> partie, 23, 2 p., 2<sup>e</sup> partie, 3 p., Lembach.

STREICHER J.C. (1981) - La mine de fer et de plomb argentifère du Katzenthal. *De Eichbaam*, 1<sup>re</sup> partie, 31, 3p., 2<sup>e</sup> partie, 32, 3p., Lembach.

THÉOBALD N. (1951) - Stratigraphie et paléogéographie du Buntsandstein dans le SW de l'Allemagne et le NE de la France. *Bull. Soc. hist. nat. de la Moselle*, 3<sup>e</sup> sér., t. XII, 37<sup>e</sup> cahier, p. 1-19, Metz.

THÜRACH H. (1894) - Bericht über die Excursionen am 29 und 30 März und 1 April. *Ber. Versamml. oberrhein. geol. ver.*, 27, p. 27-71, Stuttgart.

TOBIEN H. (1968) — Mammifères éocènes du Bassin de Mayence et de la partie orientale du Fossé rhénan. Colloque de l'Éocène (Paris, mai 1988). *Mém. BRGM*, n°58, p. 297-307.

TRUNKO L. (1984) — Karlsruhe und Umgebung. *Sammlung geologischer Führer*, 78, 227 p., Gebr. Borntraeger éd., Berlin, Stuttgart.

VILLEMEN 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 J., CADIOT B., DELAUNAY J., FAURY G. MASSINON B., MAYER-ROSA D., WEBER C. (1979) - Les tremblements de terre en France. *Mém. BRGM*, 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. BRGM Orléans.

WALTER E. (1983) - Flore des châteaux féodaux de Vasgovie. *Bull. Soc. Niederbrunnoise d'Histoire et d'Archéologie*, n°4, p. 1-19.

WEIL R. (1971) — Le problème de l'origine de l'arsenic des calcaires asphaltiques de Lobsann. 96<sup>e</sup> Congr. Soc. sav., Toulouse, t. II, p. 353-358.

WEILER W. (1953) — Die Verbindung des mitteloligocänen Rheintalgraben mit dem Mittelmeer. *Jber. u. Mitt. oberh. Ver.*, NF., 34, p. 21-29.

WEISS E. (1869) - Die Entwicklung des Muschelkalkes an der Saar, Mosel und Luxemburgischen. *Zeitschr. deutsch. geol. Ges.*, 21, p. 837-849, Stuttgart.

WERVEKE L. van (1897) - Erläuterungen zu Blatt Niederbronn. *Geol. Spezialkarte von Els. Lothr.*, 86 p., Strasbourg.

ZIPPELT K., MALZER H. (1981) - Recent height changes in the central segment of the Rhinegraben and its adjacent shoulders. *Tectonophysics*, 73, p. 119-123.

#### AUTEURS DE LA NOTICE

Notice rédigée par F. MÉNILLET avec la collaboration de F. GEISSERT et H.J. KONRAD, à l'exception des paragraphes « hydrogéologie », élaboré par P. SCHWOERER, ingénieur E.N.S.G., géologue en chef F.O.-M. et « gîtes métallifères » rédigé par C. COULOMBEAU, ingénieur géologue au BRGM.



La carte et la notice de la coupure à 1/50 000 LEMBACH ont été élaborées avec la collaboration du Geologisches Landesamt von Rheinland - Pfalz. Mainz (R.F.A.).