



SAVERNE

**CARTE
GÉOLOGIQUE
DE LA FRANCE
A 1/50 000**

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

SAVERNE

XXXVII-15

La carte géologique à 1/50 000
SAVERNE est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord : SAVERNE (N° 54)
au sud : STRASBOURG (N° 71)

SARRE - UNION	BOUXWILLER	HAGUENAU
SARREBOURG	SAVERNE	BRUMATH DRUSENHEIM
CIREY - SUR - VEZOUZE	MOLSHEIM	STRASBOURG

*Rocher de Dabo
et col de Saeverne*

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex - France



NOTICE EXPLICATIVE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	2
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	2
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	3
DESCRIPTION DES TERRAINS	5
<i>GÉOLOGIE PROFONDE</i>	5
<i>TERRAINS AFFLEURANTS</i>	5
Formations primaires	5
Formations secondaires	6
Formations tertiaires	27
Formations superficielles. Quaternaire	28
TECTONIQUE	42
OCCUPATION DU SOL	45
<i>SOLS, VÉGÉTATION ET CULTURES</i>	45
<i>DONNÉES GÉOTECHNIQUES</i>	48
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	50
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	50
<i>SUBSTANCES MINÉRALES NON MÉTALLIQUES</i>	52
<i>GITES MÉTALLIFÈRES</i>	52
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	53
<i>AFFLEUREMENTS ET ITINÉRAIRES POUR EXCURSIONS GÉOLOGIQUES</i>	53
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	54
<i>TABLEAU D'ÉQUIVALENCE DES NOTATIONS</i>	59
<i>ÉTUDES SPÉCIALISÉES</i>	59
AUTEURS DE LA NOTICE	59
ANNEXE : TABLEAU 1 — GRANULOMÉTRIE ET MINÉRALOGIE	60

INTRODUCTION

PRESENTATION DE LA CARTE

Le territoire couvert par la carte à 1/50 000 Saverne est situé, pour les trois quarts de sa surface, dans le département du Bas-Rhin, le quart occidental relevant du département de la Moselle. Ainsi, le cadre de la carte recoupe quatre entités géographiques : le plateau de Phalsbourg, les Vosges gréseuses, les collines sous-vosgiennes ou plus précisément le champ de fractures de Saverne et la plaine du Bas-Kochersberg.

— *Le plateau de Phalsbourg*, pays d'élevage et de culture, à morphologie légèrement ondulée, se situe en marge et en contrebas du plateau lorrain. Il est établi sur des formations plus ou moins carbonatées du Muschelkalk inférieur et moyen.

— *Les Vosges gréseuses*, ou plus précisément l'extrémité septentrionale du massif vosgien proprement dit, s'abaissent progressivement vers le Nord, du Schneeberg (960 m) jusqu'au col de Saverne (410 m). C'est le domaine de la forêt de sapins et de hêtres établie sur les formations gréseuses du Trias inférieur.

— *Le champ de fractures de Saverne* est une région variée et fortement ondulée dont l'aspect est lié à la diversité des assises secondaires qui affleurent en mosaïque, par suite d'un jeu tectonique complexe.

— *La plaine du Bas-Kochersberg ou de l'Ackerland*, au relief à peine sensible, appartient au Fossé rhénan proprement dit. Les dépôts caractéristiques du Fossé, d'âge tertiaire, sont en grande partie masqués par une épaisse couverture de loess. L'Ackerland est un riche terroir agricole.

Le réseau hydrographique est entièrement tributaire du bassin du Rhin, l'actuel bassin amont de la Zorn, sur le versant lorrain, ayant été capturé par la Zorn alsacienne au défilé de Lutzelbourg. Cette voie de passage, empruntée par le canal de la Marne au Rhin, forme la véritable limite entre le massif vosgien proprement dit et les basses Vosges (*). En aval de Saverne, la Zorn reçoit en rive gauche la Zintzel du Sud puis en rive droite la Mossel. Seule la partie méridionale de la carte est située en dehors du bassin de la Zorn. Elle est drainée par la Mossig, tributaire de la Bruche.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DE LA CARTE

Quelques levés de contrôle ayant confirmé l'excellente qualité, pour les *formations secondaires*, des anciennes cartes et minutes à 1/25 000 de E. Schumacher, H. Bücking et B. Weigand, ces documents ont été presque entièrement reproduits. La plupart des terrassements et fouilles fraîches, ouvertes lors de l'élaboration de la carte ont été visités, en particulier les coupes de l'autoroute A34. Celles-ci ont permis de revoir une partie de la série stratigraphique.

Les formations quaternaires ont été revues de façon plus exhaustives, les connaissances sur ces formations ayant beaucoup évolué depuis le début du siècle. Une campagne de sondages à la tarière et les coupes des tranchées et des sondages effectués lors de la construction de l'autoroute A34 ont permis de mieux comprendre l'imbrication des formations superficielles. Leur stratigraphie a été revue avec l'aide de H. Vogt.

(*) Les basses Vosges sont souvent désignées sous le vocable Vosges du Nord que nous éviterons car il a été également employé pour la partie du massif vosgien comprise entre le val de Villé et le col de Saverne.

De nouveaux levés ont été effectués pour la région d'Engenthal-Wangenbourg où ont été découverts des témoins glaciaires (F. Ménillet). Pour les formations secondaires les méthodes paléontologiques ont été d'une grande utilité. Pour le Quaternaire, elles ont permis de dater des loess anciens (Mindel). La liste des spécialistes ayant apporté leur contribution est donnée à la fin de la notice. Les méthodes sédimentologiques ont été aussi largement employées. La liste des documents utilisés est donnée en fin de notice (bibliographie et annexes).

HISTOIRE GEOLOGIQUE (*)

Les formations les plus anciennes connues sur le territoire couvert par la feuille datent du sommet du Paléozoïque (Permien supérieur). Les informations sur l'évolution du domaine considéré aux temps hercyniens et pré-hercyniens sont donc purement hypothétiques et déduites du contexte régional et des données géophysiques. Nous savons qu'il était compris dans la zone saxothuringienne de l'orogénèse varisque (synonyme d'Hercynien). Au Permien l'ancienne chaîne hercynienne est très érodée, arasée et parsemée de bassins subsidents où s'accumulent des sédiments détritiques. La région de Saverne se situe sur le bord sud-est du bassin de Germisay—Sarreguemines, dans l'axe duquel les dépôts permien ont plus de 1000 m d'épaisseur. Des manifestations volcaniques (rhyolites et ignimbrites du Nideck; feuille à 1/50 000 Molsheim) paraissent plus ou moins liées à la phase saaliennne. Le climat est chaud et plus sec qu'au Carbonifère.

A l'aube du Trias, la paléogéographie change. Des Vosges au Palatinat se forme une large plaine alluviale subsidente. Originaires du Sud-Ouest, les fleuves étalent leurs sables et leurs galets ultérieurement cimentés en grès et en poudingues. Leurs eaux gagnent le bassin germanique qui deviendra marin à la fin de Buntsandstein. A cette époque, dans la zone plate allant de la Lorraine à l'Allemagne du Sud, le domaine marin gagne peu à peu du terrain vers l'Ouest et atteint la région au Buntsandstein terminal (Grès à *Voltzia*). A saisons contrastées avec des périodes arides jusqu'au Buntsandstein moyen, le climat devient plus humide au Buntsandstein supérieur. Ensuite la région devient une grande vasière marine (Muschelkalk supérieur) où les dépôts détritiques fins sont peu à peu remplacés par des boues carbonatées. Au Muschelkalk moyen, la vasière devient une lagune sursalée avec dépôts de boues argilo-silteuses rouges (Couches rouges), puis de boues carbonatées gris verdâtre avec dépôts d'anhydrite. Au Muschelkalk supérieur, la mer franche revient en force et envahit toute la région. Dans ce milieu à forte énergie, se dépose le Calcaire à entroques. Ensuite l'énergie du milieu varie de façon cyclique et induit une sédimentation rythmée (Couches à Cératites). Des apports continentaux fins et un abaissement du niveau d'énergie transforment de nouveau la plate-forme en vasière (Lettenkohle). Celle-ci reprend un caractère de lagune sursalée au Keuper, avec des dépôts d'évaporites (gypse et anhydrite; climat aride probable).

Au Keuper moyen des apports fluviaux sableux rompent quelque peu la monotonie du paysage lagunaire, en relation probable avec une phase climatique relativement humide.

A la fin du Keuper, la salinité s'abaisse et la lagune s'ensable (grès rhétiens), en liaison probable avec une augmentation de l'humidité du climat.

Le début du Lias est marqué par une grande transgression marine. Pendant toute la période, la région se situe dans une vaste plate-forme marine, peu profonde, où se déposent des boues constituées d'argiles, de silts et de calcaires

(*) Des détails et des références bibliographiques concernant les faits évoqués sont donnés dans les descriptions détaillées.

en proportions variables. Le milieu est calme, plus ou moins confiné et réducteur. Quelques concrétions phosphatées se forment sur des hauts-fonds (seuil d'Alsace moyenne): Au Jurassique moyen, le milieu devient plus aéré et plus agité, favorisant la formation de calcaire oolithique (Bajocien supérieur). Bien que les dépôts d'âge bathonien à oxfordien n'aient pas été conservés aux environs de Saverne, nous savons, par le contexte régional, que la vaste plate-forme marine a été le siège de dépôts marneux gris au Bathonien et au Callovien puis de calcaires plus ou moins récifaux à l'Oxfordien.

A la fin du Jurassique, la partie de la plate-forme allant de la Lorraine au Wurtemberg émerge et reste un domaine exclusivement continental jusqu'à la formation du Fossé rhénan. Mal localisés dans le temps, les phénomènes qui intéressent la région entre la fin du Jurassique et l'Eocène sont des processus d'érosion et d'altération, ainsi qu'un léger « plissement » qui a ondulé, selon des rides à faible rayon de courbure, les formations du Trias et du Jurassique.

Les premiers phénomènes de distension qui seront à l'origine du Fossé rhénan apparaissent dès le Crétacé supérieur, âge des premières venues basaltiques d'origine profonde dans le futur domaine rhénan. A l'Eocène moyen, un Fossé rhénan primitif, limité à l'Ouest par la faille vosgienne, est probablement déjà esquissé. Il s'y forme quelques dépôts d'argile et de calcaire lacustre (Calcaire de Bouxwiller). Le climat est tropical (faune et flore de Bouxwiller). A l'Eocène supérieur, le Fossé rhénan proprement dit s'individualise entre les failles rhénanes. En Alsace, le mouvement d'effondrement sera très actif de l'Eocène supérieur (Ludien) au Miocène inférieur (Aquitaniens) déterminant une sédimentation marneuse très épaisse et originale avec dépôt d'évaporites (telles que celles du bassin potassique) et genèse de matières bitumineuses (pétrole de Pechelbronn). A cette époque, une partie non effondrée du Fossé rhénan primitif, le champ de fractures de Saverne, n'est le siège que de dépôts détritiques grossiers (« Conglomérat côtier ») rarement conservés. La bordure orientale de la plate-forme lorraine se relève, donnant naissance aux Vosges.

Durant la période comprise entre l'Aquitaniens et le Pliocène inférieur, les processus d'érosion et d'altération ont prédominé. Au Pliocène des dépôts fluviatiles et marécageux se forment dans certaines parties du Fossé rhénan. Les nombreux témoins floristiques qu'ils contiennent témoignent d'un climat tempéré, chaud et très humide.

La période quaternaire est surtout marquée par un grand refroidissement climatique, avec de longues phases de gel intense (glaciation dans les hautes Vosges) et des phases interglaciaires tempérées. Les périodes froides favorisent l'érosion mécanique, un alluvionnement grossier, souvent de type torrentiel, et des mouvements de masse sur les versants riches en matériaux fins (gelifluxion). Lors des périodes tempérées les processus d'altération sont efficaces. En liaison avec une évolution générale, au moins à l'échelle du continent, et le jeu de la subsidence rhénane au cœur du Fossé rhénan, le réseau hydrographique s'enfonce donnant naissance aux vallées actuelles. Le creusement des vallées a été très important au Quaternaire ancien et à la fin du Quaternaire moyen (de la fin du Mindel au Riss). Au Mindel, au Riss et au Würm s'est déposée une importante couverture de loess (dépôt de poussières sous un climat froid et sec).

Lors de la période holocène ou post-glaciaire se sont formés des dépôts fins dans le fond des vallées et les bas de versants. Ces dépôts ont été affectés par des pédogenèses plus ou moins hydromorphes, surtout pendant la période atlantique (— 4000 av. J.-C.), un peu plus chaude et plus humide que la période actuelle. Avec le défrichement des sols, la période historique correspond à une reprise d'érosion sur les versants, avec une augmentation du colluvionnement à leur pied.

DESCRIPTION DES TERRAINS

GÉOLOGIE PROFONDE

Etant presque entièrement situé dans le domaine vosgien et dans celui du champ de fractures de Saverne, le territoire couvert par la feuille Saverne n'a pas été l'objet de recherches pétrolières. Les sondages les plus profonds, de l'ordre de 150 à 200 m, n'ont guère traversé que des formations affleurant largement dans le cadre de la carte. Entre la région du Nideck (1/50 000 Molsheim) et l'affleurement de granite du Jaegerthal, près de Niederbronn, le socle hercynien n'a été atteint que dans les sondages d'Adamswiller 1 et Obermodern 1 (1/50 000 Bouxwiller). Dans ces sondages, les formations permienes sont bien développées. Il est probable que celles-ci s'épaississent depuis la région d'Engenthal — Wangenbourg en direction du Nord ou du Nord-Ouest. Nous ignorons si les formations houillères du synclinal de Sarreguemines, épaisses de près de 700 m au sondage d'Adamswiller 1, sont encore représentées dans la partie nord-ouest de la feuille. Seules les données géophysiques fournissent des informations sur la nature possible du socle hercynien. La carte gravimétrique à 1/80 000 Saverne (B.R.G.M.), donnant les anomalies de Bouguer calculées avec des densités 2,3 et 2,7, indique une anomalie positive centrée sur Lutzelbourg avec une valeur maximale de + 22 mgals. Dénommée anomalie de Saverne, elle présente un allongement SW—NE évoquant une structure de direction hercynienne (varisque). Selon N. Khaldi (1973) cette anomalie pourrait être liée à une « structure approximativement verticale large de 25 km, profonde de 4 km et haute de 4 km, constituée vraisemblablement de matériaux basiques ». Elle coïncide approximativement avec une anomalie magnétique positive qui pourrait être provoquée selon J.-J. Walch (1966) par un dyke à parois presque verticales, passant par Sarrebourg, de direction varisque. La largeur au toit serait de 8 km, 3 km environ sous le niveau de la mer. Rappelons que les granodiorites, diorites et gabbros sont fréquents dans la zone saxo-thuringienne de l'orogène varisque (massif du Champ du Feu, sondage d'Obermodern, Odenwald). L'anomalie semble liée à une roche nettement basique (gabbro ?).

TERRAINS AFFLEURANTS

Formations primaires

Permien

r3. Thuringien. Argilites rouges, sables argileux et grès à ciment dolomitique (Couches de Saint-Dié). Les Couches de Senones ayant été rapportées au Buntsandstein inférieur, les assises figurées en Permien n'affleurent qu'au Sud de Wangenbourg. Elles apparaissent au coeur d'une demi-boutonnière limitée à l'Est par la faille vosgienne. Nous n'avons pu observer qu'une seule coupe dans ces formations, dans l'interfluve des vallons du Schneethal et du Wolfsthal, au lieu-dit la Hutte ($x = 966,100$; $y = 113,675$) entre 460 et 470 m d'altitude environ; de haut en bas :

- 0,30 m - grès grossier, quartzo-feldspathique rosâtre (2,5 YR 7/3) (*) à éléments plus ou moins émoussés de rhyolite du Nideck (longueur maximale 2 cm) et ciment dolomitique.
- 0,20 m - grès rouge fin, micacé.
- 3,00 m - argile sableuse et argilite rouge micacée (2,5 YR 4/4) à bancs lenticulaires de grès à grain moyen, épais de 20 cm.

(*) Teinte à sec, code Munsell.

— 2,00 m - grès et conglomérats rouges (2,5 YR 6/4) quartzo-feldspathiques, à éléments de rhyolite du Nideck et veines de dolomite. Ces grès sont par endroits très fortement micacés.

J. Hollinger (inédit) rattache tous les termes de cette coupe aux Couches de Saint-Dié qu'il a définies en 1971 et interprétées comme un dépôt de *sheets-floods* (fanglomérats). Faute d'affleurement, les limites de cette formation n'ont pu être observées. Entre cette coupe et le fond du vallon, le versant, d'une dénivellée de 30 m, ne montre aucune coupe. Au Nideck (feuille Molsheim), le Thuringien, d'épaisseur réduite à 30 m, comprend les Couches de Saint-Dié et les Couches de Champenay. Il est donc possible que ces dernières soient représentées dans le fond du Schneethal. Comme les Couches de Senones s'épaississent rapidement du Nideck à Wangenbourg, il est probable que les formations du Thuringien présentent aussi une augmentation de puissance dans la même direction. En considérant cette hypothèse, les 60 m inférieurs du versant de la Hutte à Schneethal ont été figurés en Thuringien.

Formations secondaires

Trias

Rappelons que les régions Alsace et Lorraine ont appartenu au domaine du Trias germanique caractérisé par la succession de trois ensembles lithostratigraphiques : le Buntsandstein, gréseux, le Muschelkalk riche en carbonates et le Keuper, argileux avec des intercalations d'évaporites. Ces ensembles et leurs subdivisions ne sont pas pour la plupart d'entre eux délimités par des coupures chronostratigraphiques telles que celles qui définissent les « étages ». En particulier, la limite entre le Buntsandstein et le Muschelkalk est hétérochrone dans ces régions.

Dans le domaine de la feuille Saverne, l'épaisseur totale du Trias est de l'ordre de 950 m (*).

● *Buntsandstein*

Épaisse de près de 600 m (*), la série du Buntsandstein est essentiellement constituée par des grès rouge sombre à l'état humide, roses à l'état sec. Ce sont des grès quartzo-feldspathiques à grain moyen, ciment siliceux et pigment ferrugineux (hématite et goëthite). La composition du cortège de minéraux lourds est sensiblement la même dans toute la série : prédominance de tourmaline et de zircon, rutile, grenat, staurotide, monazite et magnétite. C'est un ensemble d'origine essentiellement fluviale, deltaïque à marin, littoral dans ses derniers mètres. Pauvre en fossiles, à l'exception de sa partie terminale, la série du Buntsandstein est subdivisée selon des critères uniquement lithologiques et sédimentologiques (J. Perriaux, 1961). Au Trias inférieur, le champ magnétique terrestre ayant subi d'assez nombreuses inversions, un essai de corrélation chronostratigraphique par les méthodes paléomagnétiques a été tenté pour le Buntsandstein supérieur (P.-J. Burek, 1970).

t1a. Buntsandstein inférieur. Argiles sableuses rouge violacé (Couches de Senones), grès rouges irréguliers et grès à taches d'oxydes de manganèse (Grès tigrés). Du Schneeberg à Engenthal, le tiers inférieur des versants est essentiellement modelé dans les argiles sableuses et les grès du Buntsandstein inférieur. L'épaisseur de cet ensemble est de l'ordre de 150 mètres. C'est la zone d'affleurement la plus septentrionale des Couches de Senones, dépôt détritique continental. Cette formation, relativement homogène dans son ensemble est

(*) Couches de Senones comprises.

essentiellement constituée de sables et de grès feldspathiques, argileux, de teinte rouge violacé (10 R 5/4 à 2,5 YR 4/4), maculée de taches brunes.

Plus ou moins bien cimenté, le faciès gréseux prédomine. Le grain est moyen, plus rarement grossier et le grès est plus ou moins hétérométrique. Les grains de quartz sont généralement subanguleux à subarrondis. Les grains de feldspath sont localement abondants. Les passées les plus grossières contiennent des éléments lithiques dont les plus gros ont une longueur de l'ordre de 5 cm. Ce sont essentiellement des galets argileux et des fragments de rhyolite du Nideck, plus ou moins émoussés. Quand le degré de cimentation est élevé, en liaison probable avec une phase tardive de cimentation (silicification), les grès ont une cassure très irrégulière et un aspect plus ou moins caverneux. Les grès les plus fins rappellent les grès d'Annweiler. Certains sont maculés de nombreuses taches brunes d'oxydes de fer et de manganèse leur donnant un aspect moucheté très semblable à celui des Grès tigrés de la Forêt-Noire. Grandes de quelques millimètres à quelques centimètres, ces taches sont souvent désignées sous le nom de « pseudomorphoses » par les auteurs allemands, car elles paraissent être des fantômes d'anciens nodules carbonatés.

Généralement fin, le faciès sablo-argileux présente une stratification subhorizontale plus ou moins apparente et parfois soulignée par des passées de teinte blanchâtre à blanc verdâtre.

Classiquement rattachées au Permien par les auteurs français en raison de leur caractère argileux et leur rôle de plancher aquifère de la nappe du Grès vosgien, les Couches de Senones apparaissent plutôt, comme l'ont montré J. Hollinger (1970) et H.-J. Konrad (1971), comme des équivalents latéraux des *Tigersandsstein* de la Forêt-Noire et du Grès d'Annweiler du Palatinat qui reposent sur les derniers témoins fossilifères vers le Sud-Ouest de la Dolomie du Zechstein. *Tigersandstein* et Grès d'Annweiler sont classiquement considérés comme du Buntsandstein inférieur.

t1b. Buntsandstein moyen. Grès vosgien. Epais de plus de 300 m et fortement entaillé et disséqué par le réseau hydrographique, le Grès vosgien donne à la partie septentrionale des Vosges leur cachet particulier. Il affleure en gros rochers et en falaises dans la forêt de Dabo, la forêt de Saverne et sur les versants du haut bassin de la Zorn. En dehors du massif vosgien, il affleure dans la forêt de la Mossig et dans le défilé du Kronthal entre Wasselonne et Marlenheim. Le Grès vosgien est essentiellement constitué par un grès rouge à grain moyen en bancs lenticulaires, épais de 0,5 à 4 m, séparés par des intercalations meubles, sableuses fines à silteuses et argileuses, ou des diasthéries. Il provient de la cimentation d'anciens sables fluviaux.

La base du Grès vosgien n'affleure que dans la forêt domaniale d'Engenthal. Classiquement elle est marquée par la présence d'un grès conglomératique ou d'un conglomérat peu cimenté : le Conglomérat inférieur. Caractérisé par la présence de quelques galets de rhyolite, de granite et de gneiss parmi les galets roulés de quartz, de quartzite et de lydienne, éléments ubiquistes de tous les conglomérats du Buntsandstein de la région. Dans la forêt d'Engenthal, le Conglomérat inférieur n'a pas été nettement observé. Cependant, la limite inférieure du Grès vosgien a pu être approximativement déterminée par l'observation de la forme des grains. Dans le Grès vosgien, à la différence des Couches de Senones, les grains de quartz ont presque tous une forme nettement arrondie. Dans la forêt d'Engenthal, à la base du Grès vosgien et sur une épaisseur de l'ordre de 15 à 20 m, affleurent en rochers isolés des grès présentant des caractères intermédiaires entre ceux des Couches de Senones et le faciès typique du Grès vosgien. Quelques passées à petits galets de quartz et de quartzite roulés et de roches volcaniques altérées ont suggéré à l'auteur qu'il s'agissait d'un équivalent latéral, gréseux du Conglomérat inférieur.

La masse principale du Grès vosgien a été subdivisée par les auteurs allemands en Grès vosgien inférieur et en Grès vosgien supérieur. A la suite de J. Perriaux (1961) nous n'avons pas conservé cette subdivision sur la carte, la limite entre les deux formations étant difficile à suivre sur le terrain. Les descriptions détaillées suivantes seront empruntées à J. Perriaux (1961). Le Grès vosgien inférieur comprend de nombreux bancs à petits nodules bruns d'oxydes de manganèse. Quelques passées conglomératiques à galets de quartz et de quartzite contiennent encore de place en place de très rares galets de granite et de roches volcaniques permienes. Les galets d'argile sont fréquents à la base des bancs. La stratification est le plus souvent oblique ou entrecroisée. Dans le Grès vosgien supérieur, les galets et les nodules de manganèse sont plus rares et la stratification est le plus souvent oblique ou horizontale. Dans la région de Phalsbourg—Saverne, l'épaisseur du Grès vosgien inférieur serait de l'ordre de 130 m, celle du Grès vosgien supérieur de 200 m environ. L'épaisseur totale du Grès vosgien augmente légèrement du Sud vers le Nord : 320 m au Schneeberg, 340 m dans le sondage d'Obermodern (feuille à 1/50 000 Bouxwiller).

Le Grès vosgien est essentiellement constitué de grains de quartz avec une proportion assez variable de feldspaths (5 à 25 %). Les grains, de forme très arrondie, sont enduits d'un pigment ferrugineux d'hématite et de goethite. La cimentation, par silicification, s'est faite par nourrissage des grains, soit du grain entier, soit par des excroissances en fins cristallites formant des ponts entre les grains. La fraction fine, abondante seulement dans les niveaux argilo-silteux, est constituée de fins grains de quartz, de fines paillettes de muscovite et d'illite fraîche.

Le Grès vosgien est pratiquement azoïque. En de rares points, des Esthéries ont été signalées dans des niveaux argileux. E. Noël (1904) a observé des Graptolites du Silurien dans des galets de lydienne et des Brachiopodes du Silurien et du Dévonien dans les galets de quartzite. En coupe verticale ponctuelle, le Grès vosgien présente souvent une disposition séquentielle. Les séquences, allant des grès grossiers, ou des conglomérats à la base, aux silts argileux au sommet, sont souvent tronquées. J. Perriaux (1961) et J.-C. Gall (1972) ont montré que le Grès vosgien s'est formé dans une vaste plaine subsidente où des cours d'eau divaguants érôdaient ou déposaient leurs alluvions, essentiellement sableuses, par perte de charge, dans de larges chenaux. L'eau s'étalait en flaques après le remblaiement du chenal, avec décantation des particules fines. Dans l'ensemble, les courants étaient orientés du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

t1c. Butsandstein moyen. Conglomérat principal : poudingue à galets de quartz et de quartzite et ciment de grès rouge. Au toit du Grès vosgien, le Conglomérat principal ou Poudingue de Sainte-Odile forme un niveau-repère remarquable, affleurant souvent en corniches rocheuses ou en vastes rochers couronnant des buttes (le Haut-Barr, au Sud-Ouest de Saverne; le rocher de Dabo). Au Nord du col de Saverne, la tranchée de l'autoroute A34 en donne une coupe complète. Epais de 15 à 20 m, le Conglomérat principal est constitué soit uniquement de bancs lenticulaires de poudingue, soit par une succession irrégulière de bancs de poudingue et de bancs de grès, généralement granoclasés et analogues à ceux du Grès vosgien. Les joints et lentilles silto-argileux sont peu fréquents. La stratification est généralement oblique ou entrecroisée et les bancs de poudingue apparaissent comme le remplissage de chenaux fluviaux ravinants, larges de quelques dizaines de mètres. Selon J. Perriaux (1961) la longueur moyenne des galets est de l'ordre de 1,8 à 2 cm, la longueur maximale étant généralement comprise entre 10 et 20 cm. Ce sont des galets de quartz (60 à 70 %), de quartzite (30 à 40 %) et de lydienne (rares). Leur forme est très arrondie. Peu importante dans les bancs les plus grossiers, la matrice gréseuse est analogue au Grès vosgien. La base du Conglomérat principal est souvent nette,

généralement marquée par des figures de ravinement, mais elle peut apparaître également comme un passage progressif ou être soulignée, plus rarement, par un lit de silt argileux.

Rarement exposée en affleurement, la limite supérieure du Conglomérat principal est marquée soit par un niveau argilo-silteux plus ou moins violacé et bariolé, soit par le mur du premier banc typique des Couches intermédiaires, le sommet de la formation pouvant être constitué de bancs gréseux analogues à ceux du Grès vosgien. Au Sud de Saverne et de Phalsbourg, cette limite est marquée par un niveau-repère : la Zone-limite violette (J. Perriaux, 1961), non représentée au Nord du col de Saverne.

t2a. Butsandstein supérieur. Couches intermédiaires : grès massifs rouges, micacés, avec intercalations sablo-argileuses noirâtres. Les Couches intermédiaires affleurent en situation topographique haute, le long d'une bande large de 5 km au Nord-Ouest de la forêt de Saverne. Elles sont bien exposées le long de la route qui passe au-dessus du plan incliné d'Arzwiller (1,5 km au Nord-Ouest de Garrebou) et elles sont recoupées en parois verticales par la tranchée de l'autoroute A34 au seuil de Rothlach (Nord du col de Saverne; tranchée décrite par R. Humblot, 1977). Dans le champ de fractures de Saverne, elles affleurent de façon plus discrète à l'Ouest de Marmoutier, dans la forêt de la Mossig et dans le horst du Kronthal.

La masse principale des Couches intermédiaires épaisse de 80 m environ (épaisseur maximale pour la région) est constituée par un grès quartzofeldspathique (20 à 25 % de feldspath) un peu plus argileux que le Grès vosgien et à muscovite souvent visible à l'œil nu (0 à 5 %). Souvent humides à l'affleurement, les bancs de grès des Couches intermédiaires présentent une teinte rouge sombre à lie-de-vin et une stratification horizontale, oblique ou entrecroisée. Lenticulaires et épais de 0,50 à 4 m, ils sont délimités par des diasthèmes ou des intercalations gréseuses tendres, sableuses fines ou silto-argileuses contenant parfois des nodules de carbonates. Épaisses de quelques centimètres à deux mètres, ces intercalations sont soit rougeâtres, assez semblables à celles du Grès vosgien, soit noires et très riches en oxydes de manganèse, soit bariolées. De teinte violacée, bleu-vert ou jaunâtre, les intercalations bariolées contiennent des nodules de dolomie et de cornaline. Ce sont les « zones violettes ». Par dissolution des carbonates, celles-ci passent latéralement au faciès sablo-gréseux ou silto-argileux noirâtre riche en oxydes de manganèse. En-dessous de ces niveaux, s'observent fréquemment des décolorations des grès (teintes vert pâle) selon des formes cylindriques ou radiculaires, fossilisation probable de la zone de réduction des oxydes de fer autour de racines non conservées. Ceci confirme l'interprétation des zones violettes comme des paléosols (J. Perriaux, 1961) ou d'anciens marécages (J.-C. Gall, 1972). Les variations de teinte sont liées en grande partie à la dimension des grains du pigment ferrugineux (M. Durand, 1975).

J. Perriaux (1961) a subdivisé la formation en Couches intermédiaires inférieures et Couches intermédiaires supérieures, séparées par la Zone violette supérieure, bien connue aux confins de la Lorraine et du Palatinat, située une vingtaine de mètres sous la limite supérieure des Couches intermédiaires. Il l'aurait retrouvée aux environs de Marmoutier et de Lutzelbourg. Dans la tranchée de l'autoroute A34, une Zone violette épaisse de 2 m existe 15 m au-dessus du toit du Conglomérat principal. Nous avons retrouvé une couche comparable au même niveau entre Phalsbourg et Lutzelbourg. Il n'est pas certain que ces zones violettes aient une très grande extension et il peut s'agir de niveaux lenticulaires.

Dans leur partie inférieure, les Couches intermédiaires renferment des passées à galets de quartz et de quartzite, généralement disséminés. Ces galets sont en moyenne beaucoup plus petits que ceux du Grès vosgien et du Conglomérat

principal et certains d'entre eux ont été éolisés avant d'être remaniés par l'eau. Les mouchetures de manganèse sont fréquentes et certains bancs rappellent les Grès tigrés du Buntsandstein inférieur. Ces mouchetures semblent absentes ou rares dans leur partie supérieure où les grès ont dans l'ensemble un grain plus fin, tandis que les passées micacées deviennent plus fréquentes; médiane 0,274 mm à la base, 0,15 dans la partie supérieure de la formation. La partie supérieure de la formation a fourni quelques fossiles : des Esthéries dans les niveaux argileux et de très rares *Equisetum* et restes de Vertébrés (région de Woerth et de Niederbronn). Les Couches intermédiaires présentent souvent des teintes décolorées, jaunâtres ou blanchâtres dans leur partie supérieure.

Selon J. Perriaux (1961), les Couches intermédiaires se terminent souvent par un banc argileux recouvert par un banc de brèche dolomitique épais de 0,20 à 0,50 m dont l'extension serait très générale.

A partir d'arguments sédimentologiques J.-C. Gall (1971) confère à ces niveaux un caractère lenticulaire. Ils n'apparaissent pas nettement dans la plupart des coupes de sondages où la limite supérieure des Couches intermédiaires est souvent placée de façon approximative. Le banc de brèche dolomitique supérieur a été observé dans les anciennes carrières de Garrebourg.

D'un point de vue sédimentologique les Couches intermédiaires paraissent s'être déposées dans le même type de conditions paléogéographiques que le Grès vosgien. Les matériaux apportés par les cours d'eau étaient moins matures (abondance de grains de quartz non usés) et les flaques d'eau étaient plus étendues et persistaient plus longtemps. Les carbonates ont été trop affectés par les transformations diagénétiques pour reconnaître s'il s'agit de dépôts primaires ou secondaires (concrétion). Dans les grès, le granoclassement normal est fréquent.

t2b. Buntsandstein supérieur. Grès à *Voltzia* : alternance de grès micacés et d'argilites rouges ou bariolées vert et gris (Grès argileux); grès massif gris à rose (Grès à meule). Le Grès à *Voltzia*, ainsi nommé pour sa richesse en restes de conifères attribués au genre *Voltzia* (*), affleure à la lisière nord-occidentale du domaine vosgien, en particulier dans les vallons débouchant sur la rive gauche de la Zorn dans le secteur de Lutzelbourg. Dans le champ de fractures de Saverne, il affleure aux environs de Marmoutier, à Allenwiller, dans la forêt de la Mossig, entre Romanswiller et Wasselonne et sur le horst du Kronthal. Les nombreuses carrières jadis ouvertes dans cette formation sont toutes abandonnées dans le territoire couvert par la feuille, l'exploitation du Grès à *Voltzia* se cantonnant essentiellement au Nord de Phalsbourg (1/50 000 Bouxwiller). Les anciennes carrières de Phalsbourg, au Sud-Ouest de cette localité, en donnent encore une bonne coupe. Le Grès à *Voltzia* a été l'objet d'une étude paléontologique, sédimentologique et paléoécologique 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 meule et le Grès à *Voltzia* supérieur ou Grès argileux.

Le Grès à meule, épais de 5 à 13 m, est constitué par des bancs massifs de grès quartzo-feldspathiques et micacés épais de 1 à 10 m, 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. Épaisseurs de quelques décimètres à 2 m, les

(*) « Il s'agit vraisemblablement d'un genre artificiel regroupant des plantes différentes », L. Grauvogel Stamm (1978).

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 meule; des paléobiocénoses à Lingules et Lamellibranches, de vasière littorale, localisées plutôt dans la partie supérieure du Grès à meule 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 meule dans un environnement deltaïque. Les grès sains correspondent à d'anciennes barres d'embouchures, les grès à plantes à des dépôts fluviaux 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 meule 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 meule, 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).

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 des Grès à meule, 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 meule 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* (*)

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

(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 meule 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 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* (des illites généralement bien cristallisées) ont été l'objet d'études géochimiques et minéralogiques (J.-C. Gall, 1971; C. Mosser et al., 1972).

• *Muschelkalk*

Désignant étymologiquement des calcaires coquilliers, le *Muschelkalk* comprend une série différenciée à trois termes :

- le *Muschelkalk* inférieur constitué de couches détritiques fines et dolomiti-ques, déposées dans une immense vasière littorale,
- le *Muschelkalk* moyen, à couches argileuses silteuses et carbonatées riches en évaporites formées dans un milieu lagunaire sursalé,
- le *Muschelkalk* supérieur constitué principalement de calcaires coquilliers déposés sur une plate-forme littorale en milieu franchement marin.

t3a, t3b, t3c. *Muschelkalk* inférieur. Les assises attribuées au *Muschelkalk* inférieur forment un ensemble constitué essentiellement de matériaux détritiques fins et de dolomite, épais d'une cinquantaine de mètres. Les matériaux détritiques prédominent dans la partie inférieure; la dolomite est le constituant essentiel des couches supérieures. Ces assises forment le soubassement du plateau de Phalsbourg. Dans le champ de fractures de Saverne, les affleurements des différentes couches d'âge *Muschelkalk* inférieur se répartissent approximativement le long d'un arc de cercle allant d'Otterswiller, au Sud de Saverne, à Westhoffen, et dans le horst du Kronthal. Les tranchées de l'autoroute A34 au Nord de Phalsbourg et de Mittelbronn nous ont donné des coupes exceptionnelles dans ces formations.

E. Schumacher (1900) (résumé par N. Théobald, 1952 et F. Ménillet et al., 1979) a donné un log-type du *Muschelkalk* inférieur du Nord-Est de la Lorraine, avec de haut en bas :

- les Couches à *Orbicularis*
- le *Schaumkalk* ou *Schaumdolomit*
- le *Wellenkalk* ou *Wellendolomit*
- le *Wellenmergel*
- les Couches à Térébratules
- les Couches à Myacites
- le Grès coquillier.

Le *Schaumkalk* et le *Wellenmergel* ne se retrouvent pas nettement, en tant que formations bien individualisées, dans le domaine de la feuille. Les autres formations sont bien caractérisées, avec quelques variations de faciès par rapport au log-type. Dans les formations du *Muschelkalk* inférieur, outre le quartz et la

dolomie, s'observent des feldspaths détritiques, régulièrement présents dans les horizons gréseux et pélitiques. La muscovite est très abondante dans les délits des grès et des pélites. Dans la phase argileuse, les illites prédominent, mais avec une tendance à la dégradation vers le haut de la série.

Les Couches à Myacites, les Couches à Térébratules et le *Wellendolomit* ont fourni une microflore avec une prédominance des pollens du groupe *Saccites* dont *Illinites kosankei* (Anisien) avec des Acritarches et des Tasmanacées dans les faciès dolomitiques supérieurs (M.-C. Adloff in F. Ménéillet et al., 1979). Les faunes de Mollusques sont analogues à celles du Grès à *Voltzia* avec *Myophoria vulgaris*, fossile de zone de l'Anisien.

Les faciès décrits ci-dessous, observés dans la région de Phalsbourg, ont été retrouvés dans le champ de fractures de Saverne, en particulier à Allenwiller et Westhoffen. Les principales coupes données par l'autoroute A34 dans la région de Phalsbourg sont figurées et décrites par F. Ménéillet et al. (1979).

t3a. Argilites grises à gris-vert (Couches à Myacites); alternance de grès et d'argilites brun-rouge à gris avec lentilles de dolomies gréseuses fossilifères (Grès coquillier). *Grès coquillier.* Avec les réserves indiquées précédemment sur le problème de la limite Buntsandstein—Muschelkalk, la base du Muschelkalk inférieur peut être observée sur 1 à 5 m d'épaisseur au sommet des anciennes carrières de Grès à *Voltzia* dans la région de Phalsbourg et de Wasselonne (E. Schumacher, 1902; J. Perriau, 1961 et J.-C. Gall, 1971). Il s'agit d'une succession, très variable et parfois différente entre deux carrières voisines, de grès plus ou moins dolomitiques ocre à brun-ocre et de grès argileux jaunâtres et plus rarement gris rosâtre, en bancs épais de 0,10 à 1 m, avec des intercalations plus ou moins nombreuses de lits argileux gris rosâtre. Les grès dolomitiques sont souvent fossilifères, avec une faune marine analogue à celle du grès argileux. Aux environs de Phalsbourg, E. Schumacher (1902) aurait retrouvé les deux bancs repérés de grès dolomitique à entroques de sa coupe-type, ici pauvres en entroques, mais riches en *Coenothyris vulgaris* et surtout *Naticopsis gaillardoti*. L'extension latérale des bancs dans le Muschelkalk inférieur étant de l'ordre de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres au maximum, des corrélations sur de telles distances (40 km) nous paraissent exclues.

Les tranchées de l'autoroute A34 au Nord de Phalsbourg nous ont permis d'observer les parties moyennes et supérieures de cette première formation du Muschelkalk inférieur (le Grès coquillier). Sur une vingtaine de mètres d'épaisseur s'observe une succession en alternance irrégulière de bancs épais de 0,20' à 1,50 m de grès argileux et de pélites de teintes grises, brun-roux à lie-de-vin. Dans la partie supérieure, des bancs lenticulaires de dolomie plus ou moins gréseux et fossilifères, épais de 0,10 à 0,30 m, sont intercalés dans ces faciès détritiques fins. Le Grès coquillier ne présente guère ici son faciès classique. Selon le sondage 233-1-163 son épaisseur serait de l'ordre de 25 mètres.

Couches à Myacites. Inconnues dans la région de Wasselonne et sans affleurements naturels, les Couches à Myacites ont pu être observées dans une tranchée de l'autoroute A34 au Nord-Ouest de Phalsbourg (échangeur de Phalsbourg). C'est une formation épaisse d'une dizaine de mètres où prédominent des faciès pélitiques de teinte gris olivâtre à gris-blanc verdâtre. A la base, la raréfaction des teirites lie-de-vin et, localement, la présence de lentilles de dolomie permettent de délimiter approximativement la formation. Au sein des Couches à Myacites s'observent quelques minces intercalations de grès ocre, exceptionnellement mauves, plus nombreuses au sommet de la formation. Lenticulaires, les intercalations dolomitiques sont rares. L'une d'elle nous a fourni *Myophoria vulgaris*, *Hoernesia socialis* et *Coenothyris vulgaris*. Nous n'avons pas récolté *Myacites mactroides*, dont l'abondance dans la région de Volmunster

est à l'origine du nom de la formation. Au terme fréquemment utilisé de « Marnes à Myacites », nous avons préféré celui de « Couches à Myacites » la formation étant ici très pauvre en carbonates. Ces couches n'ont pas été individualisées dans la région de Wasselonne (J. Valentin, 1890; coupe de la Brechlinger Klamm).

t3b. Alternance de bancs lenticulaires de grès et d'argilites gris verdâtre à roussâtres, plus ou moins dolomitiques (Terebratel-zone) ou Couches à Térébratules (*). Cette formation, faisant transition entre les faciès grésopélitiques et les faciès dolomitiques du Muschelkalk inférieur, est assez délicate à caractériser et à délimiter. E. Schumacher (1902) notait les rapides variations latérales de ces couches dans la région, suivant que la sédimentation carbonatée s'est développée plus ou moins tôt. L'épaisseur de la formation est de l'ordre de 10 mètres. Dans la tranchée d'un chemin rural sous l'autoroute A34 à Mittelbronn (F. Ménéillet et al., 1979) elle affleure sur 7 m sous les faciès *Wellendolomit*. Ici, la masse principale de la formation est constituée de grès fins et de pélites gréseuses, plus ou moins dolomitiques. Dans sa partie inférieure, elle contient des bancs de grès roux à bis rosâtre, à délit micacés. Dans sa partie supérieure, elle est très bioturbée (remplissages de terriers avec des pélites gris verdâtre assez caractéristiques) et comprend un ou deux bancs de grès dolomitique ou de dolomie grenue de type *Schaumdolomit*. E. Schumacher (1902) a remarqué la rareté dans la région de Phalsbourg du fossile habituel : les Térébratules. Les bancs dolomitiques contiennent quelques entroques.

t3c. Bancs de dolomie à *Myophoria orbicularis*; dolomies silteuses gris olivâtre à litage finement ondulé (Wellendolomit). Le faciès *Wellendolomit* (dolomie ondulée) a été observé sur une épaisseur de 3 à 6 m à Mittelbronn (coupe sous l'autoroute A34, F. Ménéillet et al., 1979) et dans le champ de fractures de Saverne, à Allenwiller. Il est constitué de dolomies silteuses et argileuses se débitant en plaquettes graufrées épaisses de 0,5 à 2 cm, d'apparence œillée ou écaillée en section. Dans le détail, cette assise relativement monotone et d'aspect caractéristique est formée de lits de quelques millimètres d'épaisseur séparés par des diasthèmes très ondulés fossilisant des systèmes de *flute-marks* (figures de courant). Deux à trois bancs de dolomie finement grenue et plus ou moins caverneuse, grise, ocre ou rosâtre (faciès *Schaumdolomit*) sont interstratifiés dans les dolomies ondulées. Le *Wellendolomit* contient quelques passées fossilifères (Mollusques). *Neoschizodus (Myophoria) orbicularis* y a été récolté dans la région de Phalsbourg (E. Schumacher, 1902).

Le faciès *Schaumdolomit* (dolomie spongieuse) ne paraît pas individualisé en tant que formation dans la région et au faciès *Wellendolomit* succède sur 2 à 3 m un ensemble de bancs réglés épais de 3 à 30 cm de dolomie beige silteuse à grain fin qui annonce les Couches à Orbicularis.

La base des Couches à Orbicularis est formée par une succession de minces bancs de dolomie grisâtre ou jaunâtre, à débit en plaquettes à *Neoschizodus (Myophoria) orbicularis*. De place en place, certains niveaux sont très riches en cette espèce. Au-dessus s'observent fréquemment un niveau à structures stromatolitiques. La partie supérieure des Couches à Orbicularis est constituée de dolomie en bancs plus épais mais peu fossilifères. L'épaisseur totale de la formation est de l'ordre de 4 à 5 mètres.

Outre les espèces citées, le Muschelkalk inférieur de la région livre souvent (J. Valentin, 1890) : *Dielasma (Terebratula) ecki*, *Neoschizodus (Myophoria) laevigata*, *Gervillia costata*, *Gervillia mytiloides*, *Lima lineata*, *Lima striata*, *Pecten discites*, *Pleuronectites (Pecten) laevigatus* et *Undularia (Chemnitzia) scalata*.

(*) A ne pas confondre avec le Calcaire à Térébratules du Muschelkalk supérieur.

t4. Muschelkalk moyen. Les formations du Muschelkalk moyen, pauvres en fossiles et riches en gypse et anhydrite, s'individualisent nettement au sein des autres formations du Muschelkalk à caractères marins francs. Elles se sont déposées pendant un épisode évaporitique qui intéresse l'ensemble du bassin germanique.

A l'exception d'un affleurement réduit dans l'angle nord-ouest de la feuille, les affleurements du Muschelkalk moyen sont localisés dans le champ de fractures de Saverne, aux environs de cette ville, entre Marmoutier et Wasselonne, au Nord de Westhoffen et dans le horst du Kochersberg entre Marlenheim et Hohengoest. Dépourvues d'horizons très durs, ces formations ne donnent guère d'affleurements naturels frais. Le talus de RN 4 au Nord de Singrist est l'affleurement le plus accessible.

En Alsace, le Muschelkalk moyen est généralement subdivisé en deux formations : les Marnes bariolées et, au-dessus, la Dolomie à Lingules. Il n'est pas fondamentalement différent du Muschelkalk moyen lorrain qui comprend les Couches rouges, argilo-silteuses, les Couches grises, marnueuses à gypse et anhydrite et les Couches blanches, calcaires et dolomitiques; mais, ici, ces trois faciès ne sont pas aussi nettement caractérisés. Le Muschelkalk moyen est très peu fossilifère. Quelques formes euryhalines ont été récoltées dans la partie supérieure de la formation (Ostracodes, Myophories, Lingules).

t4a. Argilites bariolées rouges et grises et marnes dolomitiques verdâtres avec localement gypse (Couches rouges et Couches grises p.p.). Cet ensemble, épais de 25 m environ, comprend à la base des argiles rouges, gris-noir à vertes, plus ou moins silteuses et dolomitiques ayant le lithofaciès caractéristique des Couches rouges. Elles contiennent de nombreuses veines d'anhydrite. Au-dessus, s'observent dans un sondage carotté à Eckartswiller des argiles silteuses et dolomitiques beige verdâtre contenant de l'anhydrite à l'origine (traces de dissolution). Ces argiles semblent correspondre à la partie inférieure des couches grises.

t4b. Marnes dolomitiques en plaquettes avec banc-repère de silexite (Couches blanches et Couches grises p.p.). Cette formation, parfois dénommée « Dolomie à *Lingula tenuissima* » est, selon les données classiques, constituée de dolomie en plaquettes et de cargneules à nodules calcédonieux. Très régulièrement présents et généralement répartis en un ou deux niveaux, ces accidents siliceux noirs, d'aspect silexoïde, caractérisent bien la partie supérieure du Muschelkalk moyen. A la dolomie est souvent associé du calcaire qui prédomine dans certains bancs. Des intercalations d'argile silteuse et même de grès dolomitique (Wasselonne, F. Ménillet et *al.*, 1979) s'y rencontrent.

La formation **t4b** a une épaisseur de l'ordre de 20 mètres. Sa partie supérieure correspond aux Couches blanches dont elle a les caractères. Sa partie inférieure pourrait correspondre à la partie supérieure des Couches grises, sous un faciès plus riche en carbonates ici qu'en Lorraine.

t5. Muschelkalk supérieur. Le Muschelkalk supérieur forme un ensemble essentiellement calcaire, épais d'une soixantaine de mètres. La richesse de nombreux bancs en restes d'organismes est à l'origine du terme Muschelkalk (calcaire coquillier). Constitué de dépôts marins de plate-forme, le Muschelkalk supérieur représente un épisode transgressif très net de la mer germanique. Il comprend trois formations bien caractérisées dans la région, de haut en bas :

t5bC. Le Calcaire à *Térébratules*, épais de 2 à 6 m selon la coupure adoptée.

t5b. Les Couches à *Cératites* épaisses de 40 à 50 mètres.

t5a. Le Calcaire à *entroques* épais de 10 à 15 mètres.

Le Muschelkalk supérieur de la région peut être replacé dans l'échelle chronostratigraphique du Trias par les faunes de Cératites et de Conodontes (N.-T. Nguyen Thi, 1977). La limite Calcaire à entroques—Couches à Cératites correspond à celle des étages Anisien et Ladinien (zones 2 et 3 de Kozur). Les Couches à Cératites, comprenant les zones à *Ceratites compressus* et *Ceratites nodosus-nodosus*, se sont déposées au Ladinien inférieur (Fassanien) et au début du Ladinien supérieur (Longobardien). Le Calcaire à Térébratules, avec *Disceratites semipartitus*, s'est formé au Ladinien supérieur.

Les données des analyses séquentielles, faites par B. Haguenaer (1963) et B. Haguenaer et J. Hilly (1975) sur le Muschelkalk supérieur de la région de Sarrebourg, peuvent être appliquées à celui du champ de fractures de Saverne. Le Muschelkalk supérieur, dans son ensemble, correspond à une mégaséquence positive, avec décroissance de l'énergie du milieu de dépôt de la base vers le sommet. Dans le détail, il est constitué de séquences fondamentales positives, épaisses de l'ordre de quelques décimètres, différentes dans les trois formations. Celles-ci affleurent aux environs de Saverne, entre Marmoutier et Wasselonne, au Sud de cette localité et, dans le horst du Kochersberg, entre Marlenheim, Hohengoeft et Willgottheim. De nombreuses carrières ont été ouvertes dans ces formations. Lors des levés, les Couches à Cératites et le Calcaire à Térébratules étaient encore exploités à Wasselonne.

t5a. Calcaire à entroques. Il est constitué de bancs ocre ou gris, d'épaisseur comprise généralement entre 0,10 et 1 m, mais surtout entre 0,40 et 0,80 mètre. Le plus souvent, chacun de ces bancs correspond à une séquence fondamentale complète ou tronquée. La séquence fondamentale complète, formée dans un milieu de haute énergie, comprend à la base une calcarénite à entroques passant à sa partie supérieure à un calcaire coquillier, lui-même surmonté par un calcaire oolithique (B. Haguenaer, 1963). Parfois lui succède une séquence de basse énergie généralement « rabougrie » à calcaires ou dolomies microcristallines avec fossiles non remaniés à la base. Outre les entroques (articles de tiges d'*Encrinus liliiformis*), les intéressés pourront récolter *Cidaris grandaeva* (Oursin), *Cœnothyris (Terebratula) vulgaris*; de nombreux Mollusques : *Nucula goldfussi*, *Myophoria laevigata*, *Myophoria elegans*, *Myacites musculoides*, *Gervillia costata*, *Hoernesia socialis*, *Mytilus eduliformis*, *Lima striata*, *Placunopsis (Ostrea) ostracina*, *Undularia (Chemnitzia) scalata*, *Pecten discites*, *Nautilus bidorsatus*, un petit Crustacé *Pemphix sueri*, des dents de Poissons et des os de Reptiles (*Nothosaurus*). Entre Marlenheim et Nordheim, E. Koken (1898) a recueilli une riche faune de petits Gastéropodes. Le Calcaire à entroques affleure encore bien dans les anciennes carrières de Salenthal.

t5b. Les Couches à Cératites sont constituées par une alternance de bancs calcaires gris et de bancs d'apparence marneuse. Une analyse détaillée de ces bancs a permis à B. Haguenaer (1963) d'y reconnaître une succession de séquences complètes ou tronquées. La séquence complète comprend de haut en bas :

- | | | |
|--|--------------|---|
| | - diastème - | |
| — calcaire ou dolomie microcristalline | } | partie inférieure d'un banc calcaire (souvent absente par troncature) |
| — calcaires noduleux microcristallins | | |
| — argilites et marnes | | niveau à consistance marneuse induré ou non |
| — calcarénite gréseuse | } | partie supérieure d'un banc calcaire ou banc calcaire en entier |
| — calcarénite à entroques | | |
| | - diastème - | |

L'épaisseur des bancs calcaires est généralement de l'ordre de 0,05 à 0,15 m, parfois plus. Celle des bancs marneux, variable selon les niveaux, est souvent comprise entre 0,01 et 0,50 mètre. La partie supérieure des Couches à Cératites affleure bien dans la carrière du Four à chaux à Wasselonne et dans une nouvelle carrière, située plus au Nord, à l'Ouest de la D. 112 au Galgenberg. Dans ces carrières, les bancs calcaires sont dans l'ensemble plus épais que les bancs marneux. On y retrouve la plupart des espèces reconnues dans le Calcaire à entroques, avec une abondance moindre des Echinodermes et des Térébratules.

Le fossile caractéristique de ces couches : *Ceratites nodosus* est assez fréquent. Dans la région de Wasselonne, *Pseudoceratites semipartitus* et *Myophoria goldfussi* ont été récoltés dans les 5 à 8 m supérieurs de la formation (J. Valentin, 1890).

t5bC. Le Calcaire à Térébratules est bien représenté par un ou plusieurs bancs de calcaire microcristallin (sparite) gris plus ou moins tacheté de rouge ou de rose, à nombreux débris de *Coenothyris (Terebratula) vulgaris*. Son faciès rappelle les calcarénites des Couches à Cératites. Le Calcaire à Térébratules s'en distingue cependant par l'aspect massif de ses bancs dont l'épaisseur dépasse souvent 1 m et l'absence fréquente d'intercalations marneuses. Selon les limites adoptées ici, la puissance de la formation est de l'ordre de 2 à 3 mètres. Généralement un banc massif, épais de 0,70 à 1,50 m, très riche en Térébratules (N. Theobald, 1952 : banc principal à Térébratules = banc inférieur à Térébratules de Lorraine), localisé dans la partie supérieure de la formation, constitue un très bon repère. Ce banc est recouvert par des marnes verdâtres avec ou sans intercalations calcaires (parfois prédominantes), épaisses de 0,20 à 0,60 mètre. Au-dessus, repose un ensemble de bancs massifs, calcaires ou dolomitiques, rattachés soit au Calcaire à Térébratules (N. Theobald, 1952) soit à la Lettenkohle. Bien que les arguments paléontologiques paraissent plus favorables à la première hypothèse, nous avons adopté la seconde pour des raisons pratiques (limite entre les faciès calcaires et dolomitiques; reprise des anciens levés allemands à 1/25 000).

• Lettenkohle

Cette formation correspond à un épisode original, à caractères régressifs, entre la sédimentation carbonatée de plate-forme marine du Muschelkalk supérieur et la sédimentation évaporitique du Keuper. A la sédimentation carbonatée, héritée du Muschelkalk supérieur, se surimposent des phénomènes de dolomitisation et s'associent des dépôts détritiques fins, d'origine continentale avec localement des débris végétaux voire des lentilles de lignite (d'où le nom de la formation signifiant charbon des argiles). Classiquement rattachée au Keuper par les auteurs allemands, la Lettenkohle a parfois été rattachée au Muschelkalk par les auteurs français. Elle est subdivisée en trois termes :

t6a. La Lettenkohle inférieure ou *Dolomie inférieure* (épaisseur : 6 à 8 m)

t6b. La Lettenkohle moyenne, elle-même subdivisée : *Marnes bariolées* et *Dolomie à Anoplophora* (épaisseur : 15 à 18 m)

t6c. La Lettenkohle supérieure ou *Dolomie-limite* (épaisseur : 0,50 à 2 m).

t6a. Les assises de la Lettenkohle inférieure ne sont actuellement visibles dans leur ensemble qu'à Wasselonne, dans la carrière du Four à chaux. Au-dessus du faciès typique du Calcaire à Térébratules s'observe un ensemble, d'une puissance de 6 m environ, de bancs épais de 0,35 à 1,50 m, constitués de calcaires dolomitiques et de dolomies. Ocre, à grain fin et prenant une consistance sableuse à l'altération, les dolomies prédominent. Gris, parfois tachetés de rose, les calcaires dolomitiques rappellent le lithofaciès du Calcaire à

Térébratules. Ils en diffèrent par leur pauvreté en fossiles. N. Théobald (1952) a récolté des Térébratules dans l'avant-dernier banc, en montant la série, et le met en corrélation avec le banc supérieur à Térébratules du *Terebratulen*kalk du Wurtemberg. Dans cet ensemble de bancs, J. Valentin (1890) avait récolté principalement *Costatoria (Myophoria) goldfussi* et *Trigonodus sandbergeri*, fossiles fréquents dans la Lettenkohle, ainsi que *Chemnitzia oblita* (= *Omphaliptycha alta*). Dans les anciennes carrières de Willgottheim, la base de cet ensemble a fourni *Myophoria pes anseris* dont la présence serait, à défaut de *Pseudoceratites semipartitus*, symptomatique du sommet du Muschelkalk supérieur (J.-C. Gall et al., 1977).

Au-dessus de cet ensemble, qui pourrait donc encore appartenir au Muschelkalk supérieur, repose un banc d'argile silteuse et feldspathique gris verdâtre, jaune à l'altération, et plus ou moins riche en plaquettes dolomitiques, épais de 0,30 à 0,60 mètre. Ce banc correspond au premier apport détritique fin de la Lettenkohle. N. Théobald (1952) l'a mis en corrélation avec les *Vitriolschieffer* du Wurtemberg. La Lettenkohle inférieure se termine par un ensemble, épais de 1,50 m environ, de bancs massifs de dolomie grenue de teinte rouille, localement gréseuse (*) dont le faciès est assez caractéristique.

Parmi la faune de la Lettenkohle inférieure citons encore (J. Valentin, 1890; niveau de récolte non précisé) : *Anoplophora lettica*, *Myophoria vulgaris*, *Lingula tenuissima* et des dents d'*Acrodus gaillardoti*.

t6b. La Lettenkohle moyenne, constituée en partie d'argiles silteuses, affleure mal. Elle est encore mal connue dans la région. La carrière du Four à chaux et la tranchée de la RN 4 à Wasselonne permettent d'en observer une coupe presque complète, à l'exclusion de sa partie terminale. Là, sa partie inférieure est constituée par 3 à 4 m d'argiles silteuses, feldspathiques et un peu calcaires, grises, sans stratification nette. De rares niveaux dolomitiques ou gréseux y sont interstratifiés. Au-dessus, sur 2 m, le faciès, toujours silto-argileux et feldspathique devient plus cohérent et prend des teintes gris clair et ocre. Cet ensemble détritique fin correspond aux Marnes bariolées des anciens auteurs et se termine par un niveau bariolé et lie-de-vin et vert clair, ici argilo-silteux, épais de 0,15 à 0,30 mètre. Il correspond au *Fucoïden sandstein* (grès à traces de fucoïdes) des anciens auteurs. A Eckartswiller, dans une fouille de l'autoroute A34, nous avons observé un grès feldspathique lie-de-vin à traces linéaires noires entourées d'un halo de décoloration (traces de racines probables) épais de 1,30 m dans une position stratigraphique similaire. Ce niveau lie-de-vin pourrait donc être un niveau repère à l'échelle de la carte. Au-dessus s'observe un niveau de grès dolomitique de teinte rouille, à nombreux débris de Mollusques, lenticulaire, mais observé tant à Eckartswiller qu'à Wasselonne, épais au maximum de 0,50 mètre. A ce grès dolomitique sont associés des silts argileux feldspathiques et calcaires ocre à verdâtres.

La suite de la série est bien exposée dans la tranchée de la RN 4 à Wasselonne; de haut en bas :

- | | |
|--|------------------|
| — dolomies grises à ocre à grain fin (faciès D) avec fines intercalations argileuses (couches disloquées par le gel) | visibles sur 1 m |
| — silts très fins noirs feuilletés (aspect schisteux), très argileux et feldspathiques (faciès Sch) | 0,05 |
| — dolomie fine (faciès D); 1 banc | 0,10 |

(*) L'agrandissement de la carrière du Four à chaux de Wasselonne a permis une meilleure observation de la Lettenkohle; la constitution des couches 18 à 20 de la coupe donnée par N. Théobald est en partie inexacte.

— silt argileux (faciès Sch)	0,05
— dolomie fine (faciès D) en petits bancs	1,20
— silt argileux (faciès Sch), gris	0,15
— silt dolomitique ocre avec intercalations plus argileuses verdâtres, passant à la base à un faciès plus dolomitique et massif	0,75
— dolomie fine (faciès D), en petits bancs de 0,03 à 0,10 m, séparés par des niveaux dolomitiques en plaquettes irrégulières à joints argileux	1,00
— silts gris feuilletés	0,10
— grès gris un peu argileux, feldspathique et calcaire	0,15
— silts gris, avec quelques nodules de grès	0,20
— dolomies silteuses et argileuses tendres ocre et grises	0,60
— dolomie fine (faciès D) un peu silteuse	0,15
— silts argileux (faciès Sch)	0,30
— dolomie fine (faciès D) un peu silteuse	0,15
— silts argileux (faciès Sch)	0,65
— silts argileux non lités (faciès Sa), passant latéralement à un grès ocre dolomitique ferrugineux, formant localement de gros bancs coquilliers à la base (*)	0,80
— silt argileux bariolé lie-de-vin repère	0,10 à 0,15

Cette succession d'une puissance supérieure à 8 m correspond à la Dolomie à *Anoplophora* des anciens auteurs. Ici les dolomies à grain fin (faciès **D**) prédominent et constituent les 3/5 du volume de la formation. A Eckarstwiller, au contraire, les silts argileux (**Sa**) prédominent et les intercalations dolomitiques et gréseuses ne comptent que pour 1/5 environ du volume de la formation, fait déjà noté par E. Schumacher (inédit) pour la région de Saverne. En outre, les silts argileux (**Sch**) n'ont pas été observés à Eckarstwiller. A Wasselonne, le niveau (**Sch**) le plus inférieur a fourni une microflore assez riche à *Aratrisporites* cf. *saturni* (abondant), *Aratrisporites granulatis* ou *fimbriatus* avec de nombreuses spores :

Verrucosporites sp., *Verr. applanatus*, *Calamospora breviradiata*, *Anaplanisporites* sp., *Reticulatisporites* sp., *Leiotriletes* (abondant), *Microreticulatisporites opacus* et des Disaccates striés (Coniférales) : *Lunatisporites amplus*, *Illinites* sp., *Platysaccus* sp., *papilionis*, *Sulcatisporites sulcatus*, *interpositus* (abondant), *Sahnites grandis*, *Patinasporites toralis*, *Ovalipollis lunszensis*, *Taeniaesporites krauseli*, *Infernopollenites* sp., *Taeniaesporites novimundi*.

En plus de *Costatoria* (*Myophoria*) *goldfussi* et d'*Anoplophora lettica*, Lamellibranches habituels de la Lettenkohle, citons : *Myacites brevis*, *Lingula tenuissima* (Brachiopodes) et *Isaura* (*Estheria*) *minuta*, espèces bien adaptées aux variations de salinité. Des *bonebeds* ont été fréquemment cités dans ces niveaux. Dans la Lettenkohle moyenne, la fraction argileuse comprend de l'illite, plus ou moins ouverte, des minéraux argileux interstratifiés et de la kaolinite, présente de façon épisodique.

t6c. La Lettenkohle supérieure ou Dolomie-limite a un faciès lumachellique assez caractéristique de teinte beige clair. Les tests sont souvent recristallisés ou dissous la roche étant alors assez poreuse, avec une consistance sableuse à l'altération. La pâte est généralement assez fine.

De la calcite est parfois associée à la dolomie. L'épaisseur de la formation est faible (0,50 à 1 m). Elle pourrait être localement discontinue. Sa partie supérieure

(*) Faciès rappelant les dolomies gréseuses rouille de la Lettenkohle inférieure.

peut présenter un faciès fin, homogène, pauvre en fossiles. Dans les faciès lumachelliques, l'espèce prédominante est généralement *Costatoria (Myophoria) goldfussi*. *Trigonodus sandbergeri*, *Gervillia costata* et *Myophoria vulgaris* sont encore représentés. *Lingula tenuissima* n'est pas rare.

● **Keuper** (sens français restreint : *Salzkeuper* ou Keuper moyen des auteurs allemands, synonyme : Marnes irisées).

Riche en évaporites et constitué en grande partie d'argiles silteuses bariolées de teintes vertes et lie-de-vin appelées Marnes irisées, le Keuper forme un ensemble lithologique bien individualisé. Pauvre en bancs durs, il ne donne guère de bons affleurements naturels et la série est mal connue dans le détail. Son épaisseur est de l'ordre de 130 à 140 mètres. Les assises du Keuper sont subaffleurantes aux environs de Westhoffen et de Marlenheim, dans la partie septentrionale du horst du Kochersberg et le long d'une bande arquée s'étendant depuis Wasselonne jusqu'au Nord-Est de Dettwiller.

Les argiles du Keuper (J. Lucas, 1962) comprennent une association d'illite, généralement assez ouverte, d'interstratifiés illite-chlorite irréguliers ou réguliers (corrensite) et de chlorite, souvent en faible quantité. Il peut s'y ajouter un peu de kaolinite. Les interstratifiés, en particulier la corrensite sont généralement associés aux faciès évaporitiques. Correspondant à une paléogéographie de lagunes sursalées, le Keuper est pauvre en fossiles.

t7. Keuper inférieur. Argilites dolomitiques verdâtres (Marnes à Esthéries); argilites bariolées rouge et vert à nodules de quartz (Marnes irisées inférieures); calcaire cellulaire (*Zellenkalk*); argilites dolomitiques verdâtres, finement litées (Marnes à pseudomorphoses de sel). Le Keuper inférieur a une épaisseur de l'ordre de 100 mètres. La base de cette unité lithostratigraphique a pu être observée dans la tranchée de l'autoroute A34 au niveau de l'échangeur de Saverne (sous le pont de la D. 219). Au-dessus de la Dolomie-limite, la coupe montrait une succession de 7 à 8 m d'épaisseur environ de couches d'apparence marneuse, gris foncé, gris olivâtre ou beiges. Constituées d'argile, de dolomie et de quartz détritique très fin, en quantités sensiblement équivalentes dans les principaux bancs, ces couches ont une lithologie voisine de celles de la partie supérieure de la Lettenkohle moyenne. Au quartz détritique sont souvent associés des feldspaths. Les bancs, relativement épais (0,20 à 1,20 m), sont plus ou moins durs. Certains sont lenticulaires. Les bancs dolomitiques beiges, peu épais contiennent de la calcite. Vers le haut ces couches passent progressivement au faciès typique de *marnes à pseudomorphoses de sel*.

Celles-ci sont essentiellement constituées par des argiles plus ou moins silteuses et dolomitiques verdâtres, souvent foncées, parfois bariolées de rouge, finement litées. Dans les délits on peut observer des pseudomorphoses de cristaux de sel gemme. Ces argiles présentent des intercalations de bancs centimétriques ou de plaquettes calcaires dolomitiques ou gréseuses. Leurs surfaces sont souvent hérissées d'excroissances en fines arêtes se recoupant en losanges ou polygones. A Lochwiller et à Schwenheim, s'observe au sein de la formation un niveau, d'une épaisseur de l'ordre de 2 à 4 m, de calcaire ou dolomie grise à cavités polyédriques de 0,5 à 2 cm de longueur (calcaire cellulaire ou *Zellenkalk*). Ces cavités contiennent parfois du calcaire beige pulvérulent ou de l'argile verdâtre. Les Marnes à pseudomorphoses de sel peuvent contenir des bancs ou des lentilles de gypse ou d'anhydrite. Entre Willgottheim et Wintzenheim-Kochersberg, un banc de gypse épais de 2 m à 2,60 m a été exploité en galeries (F. Firtion, 1952 a et b). L'épaisseur des Marnes à pseudomorphose de sel est de l'ordre de 80 mètres.

Les Marnes bariolées à nodules de quartz sont des argiles plus ou moins silteuses et dolomitiques de teintes bariolées grises, vertes, violettes et rouges.

Elles renferment quelques niveaux dolomitiques ou gréseux et des plaquettes de calcite et des nodules de quartz corrodés qui les caractérisent. De place en place elles contiennent de l'anhydrite ou du gypse que ce soit à la base (Schliffsteinberg près de Reutenbourg) ou au sommet de la formation (Osterberg au Nord-Est de Westhoffen). Epaisseur de celle-ci : 12 mètres.

Les Marnes dolomitiques gris-vert à Esthéries sont des argiles dolomitiques gris-noir ou gris-vert avec des intercalations de lits dolomitiques ou gréseux. Leur fossile habituel est *Isaura (Estheria) latitexta*. Elles ont une épaisseur de l'ordre de 6 mètres. Microflore d'un échantillon dont la position dans le Keuper inférieur est imprécise prélevé à Wangen : *Echinosporites iliacoïdes*, *Ovalipollis notabilis*, *Triadispora* cf. *aurea*.

t8. Keuper moyen. Dolomie massive ou bréchique (Dolomie-moellon); argilites bariolées rouge et vert (Marnes irisées moyennes); grès à empreintes végétales (Grès à roseaux). Le Grès à roseaux sous son faciès caractéristique est un grès à grain moyen à fin, verdâtre à gris verdâtre, légèrement micacé et feldspathique, à débris végétaux. Selon C. Palain (1966) il ne représente qu'un terme d'une séquence détritique fluviale comprenant à la base une brèche intraformationnelle à intraclastes argileux et grands fragments végétaux (*Equisetites*) puis un sable ou grès homogène à fins débris végétaux, un sable ou grès psammitique à stratification plane ou ondulée (rides de courant), 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 recoupent généralement. L'ensemble de ces chenaux élémentaires forme des zones d'épandage suivant des bandes allongées du Nord vers le Sud et larges de 10 à 15 km. Entre ces bandes, le faciès est argilo-silteux, bariolé ou calcaréo-dolomitique et représente un dépôt de bassin d'eau douce, saumâtre ou sursalé (anhydrite). Dans la zone d'affleurement le faciès gréseux a été observé et a livré *Equisetites arenaceus* (restes de Prêles jadis confondus avec des Roseaux), *Pterophyllum taegeri* et des Fougères. La faible épaisseur du faciès gréseux (1 à 3 m) suggère que l'on se situe en bordure d'une zone d'épandage. Le Grès à roseaux est d'âge carmien moyen.

Les Marnes irisées moyennes sont des argiles plus ou moins silteuses et dolomitiques très bariolées rouges, gris violacé, vertes, blanches ou grises. A Avenheim, sous la Dolomie-moellon, s'observe 1 m de banc de dolomie fine silteuse à consistance plus ou moins marneuse, à cassure conchoïdale et de teinte verte, beige ou gris violacé. L'épaisseur des Marnes irisées moyennes paraît faible (quelques mètres au plus).

La Dolomie-moellon (= Dolomie de Beaumont = Dolomie moyenne) est un niveau repère remarquable. Le plus souvent il s'agit d'une dolomie beige à grain fin (dolmicrite) se débitant en petits blocs parallépipédiques. La Dolomie de Beaumont peut également présenter un faciès bréchique ou encore un faciès de cargneule grise, plus fréquent à la base de la formation quand celle-ci est relativement épaisse (3 à 4 m). Les bancs de dolomie peuvent être séparés par des niveaux plus tendres plus ou moins silteux et argileux.

t9a. Keuper supérieur. Argilites rouges avec localement gypse (Argiles de Chanville). Les Argiles de Chanville de teinte prédominante rouge sont plus ou moins dolomitiques. Elles contiennent fréquemment du gypse et de l'anhydrite. En rive droite de la vallée de la Zorn, 4 km à l'Est de la bordure orientale de la feuille (voir notice et carte à 1/50 000 Brumath-Drusenheim), à Waltenheim, le gypse des Argiles de Chanville a été exploité en galeries. Là, la formation a une puissance de 10 m et comprend deux complexes à gypse et anhydrite séparés par un niveau marno-calcaire (F. Firtion, 1952 a et b). Dans la région de Wasselonne, la puissance des Argiles de Chanville est évaluée à 6 mètres.

t9b. Keuper supérieur. Argilites bariolées à violacées (Marnes irisées supérieures). Les Marnes irisées supérieures sont des argiles silteuses et le plus souvent très dolomitiques à teintes bariolées « délavées » assez caractéristiques gris-beige, vert d'eau et mauves à lie-de-vin. Elles sont plus ou moins indurées et la dolomie prédomine généralement dans les bancs les plus durs qui présentent souvent une cassure conchoïdale. Une fraction calcaire peut être associée à la dolomie. Les Marnes irisées affleurent bien dans le talus de la N 421 entre Dettwiller et Wilwisheim, aux environs de Landersheim et entre Dettwiller et Rosenwiller. Là elles ont fourni une microflore assez pauvre : *Classopolis* sp., Tasmanacées, *Platysaccus* sp. et *Camerospirites secatus* ? Les bancs compacts dolomitiques ou calcaires contiennent localement des Mollusques : *Perna keupeurina*, *Natica turbulina* et *Myophoriopsis keuperina*. Les Marnes irisées supérieures ne contiennent plus d'intercalations à gypse et anhydrite. Leur limite supérieure est souvent nette. Cependant, des intercalations gréseuses et des bancs oolithiques peuvent exister au sommet de la formation (Ouest de Kleingoeft, Sud-Est de l'Abtsberg près de Lochwiller) ; l'épaisseur des Marnes irisées supérieures est de l'ordre de 25 mètres.

● Rhétien

t10. Rhétien. Argiles ocre; argiles rouges (Argiles de Levallois); grès à grain fin de teinte claire. Longtemps rattaché au Lias par les auteurs français, les faciès rhétiens doivent être rapportés au Trias, la zone à *Rhaetavicula contorta* étant, selon les dernières orientations (sous-commission du Trias de l'I.G.U.S., Munich, 1978), considérée comme la partie supérieure du Norien.

Peu épais, les grès rhétiens (anciennement Grès infraliasiques) affleurent mal, ne donnant pas d'escarpements rocheux et étant souvent masqués par les débris soliflués du Calcaire à Gryphées. La seule coupe complète que nous ayons dans la région de Saverne se situe un peu en dehors des limites de la feuille (1/50 000 Brumath-Drusenheim, sondage de la brasserie Météor à Hochfelden, G. Dubois et L. Guillaume, 1929). Dans ce sondage, les deux faciès fondamentaux du complexe infra-rhétien bien connus en Lorraine (R. Laugier, 1964), les grès et les pélites sont également représentés. Les grès, quartzeux, blancs, gris clair, gris bleuâtre, jaune paille ou brun-ocre ont généralement un grain assez fin. Ils sont parfois micacés. Habituellement siliceux, leur ciment peut être calcaire. A Lochwiller, sur l'Abtsberg, dans un grès ocre, nous avons observé des traces de racines, entourées par des zones de réduction grises cylindriques. Au Nord-Est de Wasselonne (cote 285) J. Valentin (1890) y a observé des empreintes de *Myacites*. Les pélites sont des argiles silteuses grises à noires, plus rarement rouges ou violettes, souvent finement micacées.

La géométrie précise du complexe infraliasique est mal connue. Les grès représentent probablement d'anciens corps ou cordons sableux, les pélites, d'anciennes vasières. Le milieu est mal connu, deltaïque, estuarien, saumâtre ou marin littoral. Le fossile de zone qui caractérise les grès rhétiens : *Rhaetavicula contorta* est assez rare.

Au-dessus, les argiles rouges, dédiées au géologue J. Levallois, ont un faciès très caractéristique avec leur aspect massif et leur teinte rose à rouge, aussi intense que celle des intercalations argileuses du Buntsandstein. Elles sont généralement très riches en quartz détritique très fin. Elles sont presque toujours azoïques et n'ont guère livré qu'une microflore remaniée (Nord de la Lorraine). Elles sont presque toujours oxydées dans leur partie supérieure sur 1 à 3 m (argiles ocre). L'épaisseur des Argiles de Levallois est de l'ordre de 7 mètres.

La fraction argileuse des formations rhétiennes est caractérisée par sa richesse en kaolinite. Aux minéraux argileux du Keuper (illite, interstratifiés [10-14], chlorite) s'ajoutent des smectites.

Jurassique

• Lias

La série du Lias est essentiellement constituée par des formations marneuses ou argilo-silteuses grises avec intercalations calcaires. Elles affleurent mal, souvent masquées par des formations d'altération ou une couverture loessique. Cependant, une bonne partie de la série a pu être revue grâce aux sondages et tranchées effectués lors de la construction de l'autoroute A34 (J.-L. Boeglin et F. Ménillet, 1979). Les assises du Lias ne sont conservées qu'au Nord-Est d'une ligne Saverne—Marlenheim. La série étant tronquée par l'érosion, une bonne partie du Lias supérieur n'est pas représentée. Dans l'ensemble, les différentes assises présentent leur faciès classique dans le Nord de l'Alsace. Le milieu de dépôt reste sensiblement le même pendant toute la durée du Lias : une vaste plate-forme épicontinentale où des boues se déposaient dans une mer calme. Le milieu était plus ou moins confiné et réducteur. Pour la chronostratigraphie, nous avons utilisé les zones d'Ammonites données par R. Mouterde et al., 1971. La fraction argileuse des différents dépôts varie peu au cours du Lias. Elle comprend principalement de la kaolinite et de l'illite plus ou moins dégradée avec la présence épisodique de vermiculite, chlorite, smectite et d'interstratifiés irréguliers.

I1-3. Sinémurien inférieur et Hettangien indifférenciés. Alternance de calcaires et de marnes brunes à gris-bleu (Calcaires à Gryphées). Cette formation vient en affleurement le long d'une bande arquée allant de Hohengoeft à Lupstein par Lochwiller, sur le plateau situé au Nord d'Avenheim, aux environs de Dettwiller et au Nord et Nord-Ouest de Wilwisheim. Jadis, elle était exploitée en carrière pour chaux et ciment hydrauliques à Steinbourg (rive droite de la Zorn, en limite avec la commune de Dettwiller) et à Lupstein. Aujourd'hui, elle n'est plus guère visible qu'en affleurements de surface sous forme de débris calcaires à *Gryphaea arcuata*. Avant leur remblaiement, les carrières Brill à Hochfelden, situées 1 km à l'Est de la limite orientale de la carte, ont été étudiées par R. Laugier (1964) et J.-G. Blanalt et G. Hirlemann (1970, in notice de la carte à 1/50 000 Brumath-Drusenheim). Ces carrières étaient ouvertes dans la partie inférieure de l'ensemble épais de 40 m environ (43 m au sondage 234-1-3 à Hochfelden) et exposaient des couches à *Schlotheimia angulata* et *Coroniceras rotiforme* (sommet de l'Hettangien et base du Sinémurien inférieur). Le faciès banal de la formation consiste en une alternance régulière de bancs de calcaires gris-bleu d'une épaisseur moyenne de 0,15 à 0,20 m (0,10 à 0,40 m) et de niveaux de marnes, de marnes schisteuses et d'argiles grises à beiges à l'altération, de 0,10 à 0,80 m d'épaisseur. Selon R. al Khatib (in B. Haguenaer et J. Hilly, 1975), il s'agit d'un dépôt cyclique dont la séquence-type comprend à la base un dépôt marneux, puis un calcaire microcristallin assez fin (*wackestone*) constituant l'essentiel des bancs calcaires couronnés par un enduit de calcaire microcristallin encore plus fin, formant aussi le remplissage des terriers. La faune indique un milieu marin peu profond. Dans les niveaux jadis exposés dans les carrières Brill à Hochfelden, certaines intercalations marneuses sont remplacées par un faciès de *marnes papyracées* (schistes cartons) (*): ces *marnes* montrent « un litage souligné par des films carbonatés très fins et très serrés. Elles sont formées par un apport de détritiques clastiques (quartz) et zoogènes (radioles d'Oursins) dans un sédiment argileux et pyriteux riche en matières organiques (5 à 8%) susceptible de donner des huiles après pyrogénéation », R. Laugier (1964). L'épaisseur cumulée des couches papyracées est légèrement supérieure à 2 mètres.

(*) A ne pas confondre avec l'épaisse formation des Schistes cartons du Toarcien (I7).

En plus des Ammonites de zones précédemment citées, notons que *Psiloceras pylonotum* (var. *plicatum*) marquant la base de l'Hettangien est mentionnée par J. Valentin (1890) au Sud de Hohengoelt et qu'*Arietites bucklandi*, caractérisant la zone médiane du Sinémurien inférieur, est classiquement citée pour le Calcaire à Gryphées du champ de fractures de Saverne. Plus au Sud (feuille à 1/50 000 Molsheim), J. Schirardin (1924) a observé la zone à *Arnioceras semicostatum*, dernière zone du Sinémurien inférieur, dans la partie supérieure du Calcaire à Gryphées. Elle serait représentée par les couches à *Pentacrinus tuberculatus* et *Belemnites acutus*. Une discordance angulaire a été observée à Hattmatt (feuille à 1/50 000 Bouxwiller) entre le Calcaire à Gryphées et les marnes du Lotharingien (J.-A. Stuber, 1893).

J. Schirardin (1924) indique un passage latéral de faciès du Nord au Sud du Bas-Rhin, localisé dans la région de Wasselonne—Molsheim, marqué par une réduction d'épaisseur (de 40 m à 10 m), une réduction des bancs calcaires en nombre et en épaisseur et l'apparition de surfaces d'émersion parfois soulignées par un dépôt phosphaté.

Parmi les nombreuses espèces récoltées dans les Calcaires à Gryphées, citons encore *Psiloceras planorbis* et *P. johnstoni* (Céphalopodes), *Plagiostoma gigantea* et *Pecten textorius* (Lamellibranches), *Rhynchonella gryphitica*, *Spiriferina walcotti* et *Zeilleria perforata* (Brachiopodes), des radioles et plaques d'Oursin (*Cidaris*) et *Pentacrinus tuberculatus* (Echinodermes), des Foraminifères, des Ostracodes, des écailles de Poissons, des vertèbres et des coprolithes d'*Ichthyosaurus* (F. Firtion, 1938).

14. Sinémurien supérieur (Lotharingien). Marnes silteuses à nodules calcaires et ferrugineux, argiles et marnes gris-bleu. Au sommet : banc calcaire ocreux à *Raricostatum* (Synonymie : Argiles d'Obermodern = argiles grises pauvres en fossiles). Les couches du Sinémurien supérieur affleurent à l'intérieur d'un triangle Hohengoelt—Kleingoeft—Ingenheim et, au Nord de la Zorn, à Wilshausen, au Nord-Ouest de Melsheim et au Nord-Est de Steinbourg où leur partie supérieure a pu être examinée dans les tranchées de l'autoroute A34.

Les argiles et marnes du Lotharingien sont silteuses et un peu micacées. Elles sont compactes de teinte gris foncé à gris-bleu dans leurs parties inférieure et moyenne, feuilletées gris clair, beiges ou ocre dans leur partie supérieure (altération ?). Celle-ci renferme des nodules de forme ovoïde aplatie (*) de calcaire gris ou d'oxydes de fer, veinés ou non de calcite spathique. Dans la région elles ont livré : *Microceras (Aegoceras) planicosta*, principalement à la base, *Oxynoticeras oxynotum*, dans leur partie médiane, et *Aegoceras dudressieri* dans leur partie supérieure.

Une microfaune, recueillie à Steinbourg et Ingenheim, confirme leur âge lotharingien : formes trouvées dans la partie médiane de la formation (le signe + indique les formes également observées dans sa partie supérieure) :

Foraminifères : *Involuta aspera*+, *Nodosariidés*+, *Planulina inaequistriata*, « *Rotalia* » *margarita*.

Ostracodes : *Procytheridea multicostata*+, *Procytheridea vitiosa*, *Procytheridea* cf. *laneuvevillae*, *Pontocyprilla elongatus*, *Hungarella communis*+, *Hungarella hagenowi* et *Bardaia crassa*.

Microflore : Conifères, *Classopollis* sp., *Alisporites* sp., *Botryococcus*, Acritarches de milieu confiné (Tasmanacées, *Cymatiosphaera*), *Gleicheniidites* sp.

L'épaisseur des Argiles d'Obermodern serait de l'ordre de 15 m entre Hohengoelt et Kleingoeft. A la limite nord-est de la feuille (sondage de la brasserie Météor, G. Dubois et L. Guillaume, 1929), elle atteindrait 26 mètres.

(*) Faciles à confondre avec ceux des Marnes à ovoïdes du Domérien.

Le calcaire *ocreux* à *Raricostatum* est un calcaire gris-bleu, ocre à l'altération, riche en *Gryphaea obliqua* et Bélemnites, épais de 0,40 à 0,70 mètre. Son aspect est très voisin de celui des faciès durs du Calcaire à Gryphées, mais il forme un banc isolé dans des formations argileuses et contient souvent le fossile de zone *Echioceras (Arietites) raricostatum*. C'est un calcaire bioclastique, riche en débris de tests, contenant quelques quartz détritiques et un peu de glauconie.

15. Carixien. Marnes argileuses gris clair riches en Gryphées et Bélemnites (Marnes à *Zeilleria numismalis*); au sommet calcaire à *Prodactyloceras davoei* bien caractérisé. Les assises du Carixien affleurent à l'intérieur d'un triangle Hohengoelt—Kleingoeft—Ingenheim, au Nord-Est de Steinbourg, à l'Est de Gottesheim et au Nord de Melsheim. La masse principale de l'ensemble est constituée par des marnes ou calcaires tendres plus ou moins silteux et argileux de teinte gris-beige très claire à l'affleurement, grise en sondage. Outre les Gryphées et les Bélemnites, elles livrent *Plicatula spinosa* et surtout *Waldheimia (Zeilleria) numismalis* qui les caractérisent. Leur épaisseur varie entre 2,50 et 4,50 m dans le centre de la feuille. Elle atteint et dépasse 6 m dans sa partie nord-est.

Au-dessus, le Calcaire *ocreux* supérieur, épais de 0,50 m environ, est un calcaire gris clair à fines taches cylindriques gris foncé (traces de terriers probables) très fossilifère. *Prodactyloceras davoei* est très fréquent ainsi que des *Oistoceras*, des *Aegoceras* et des *Lytoceras*. Les Bélemnites (*B. clavatus*) sont très abondantes.

16. Domérien. Marnes grises silteuses à ovoïdes. Banc calcaire de Kirrwiller, Marnes à septarias. Les assises du Domérien affleurent à l'intérieur d'un triangle Hohengoelt—Kleingoeft—Ingenheim et au Nord-Est du territoire de la feuille entre Steinbourg et Wilshausen.

Épaisses de 40 m environ, les Marnes à ovoïdes, de teinte gris souris, massives ou feuilletées, silteuses, contiennent de nombreux nodules calcaires ou ferrugineux, de forme ovoïde, allongés dans le sens de la stratification. Certains nodules sont fossilifères et livrent le fossile de zone : *Amaltheus margaritatus*. Dans les marnes les Ammonites sont généralement pyriteuses. Leur microfaune, pauvre en Foraminifères (*Nodosaridés, Involutina silicea*), est riche en Ostracodes : *Hungarilla ovata*, *H. contractula*, *H. amalthei*, *H. grosdidieri*, *H. etaulensis*, *Polycopse pumicosa*, *P. decorata*, *Healdia bernardi*, *H. mouliensis*.

À leur sommet, les Marnes à ovoïdes passent insensiblement aux Marnes à septarias qui s'en distinguent par la grande dimension des nodules calcaires (jusqu'à 30 cm et plus) souvent veinés de calcite spathique en étoile (septarias). Leur épaisseur est de l'ordre de 5 à 6 mètres.

Le Domérien se termine par le banc calcaire de Kirrwiller, gréseux et finement grenu, de teinte grise, souvent pétri de Bélemnites. Le fossile de zone *Pleuroceras spinatum* y est fréquent. Dans la tranchée de l'autoroute A34 à Rosenwiller, il a une épaisseur de 0,50 mètre.

14-6. Domérien ou Lotharingien indifférenciés. Argiles silteuses grises à nodules ferrugineux. Dans l'angle nord-est du territoire de la carte des argiles silteuses altérées et oxydées, à débris de nodules ferrugineux, peuvent être rapportées soit au Lotharingien, soit au Domérien. En l'absence de récoltes de fossiles et de bancs-repères (calcaires ocreux) nous avons préféré utiliser une notation indifférenciée, les deux formations pouvant être représentées dans ce secteur.

17. Toarcien « inférieur ». Marnes légèrement bitumineuses à *Posidonomya bronni* (Schistes cartons). Grès à écailles de Poissons à la base. Les zones d'affleurement des formations toarciennes sont très peu étendues. Elles se

situent aux environs de Landersheim et entre Steinbourg et Gottesheim. Dans la tranchée de l'autoroute A34, à Rosenwiller, au-dessus du Calcaire de Kirrwiller, un niveau silto-argileux épais de 0,25 m s'est révélé très riche en *Dactyloceras* cf. *commune*, avec des formes proches de *Dactyloceras semi-celatum*, suggérant l'extrême base du Toarcien. Cependant, la microfaune présente encore un cachet domérien; Foraminifères : *Fronidularia baueri*, *F. terquemi*, *Dentalina matulina*, *Lingulina tenera*, *Marginulina prima* et *Lenticulina* sp.; Ostracodes : *Hungarella contractula* et *H. ovata*. Au-dessus, on pouvait observer un calcaire gréseux, épais de 2 m, passant insensiblement aux Schistes cartons, se débitant en fines plaquettes ou en minces feuilletés à l'altération. Quand il est franchement gréseux, ce lithofaciès donne en surface des plaquettes rose violacé, blanchâtres à l'altération, très précieuses pour l'identification des formations toarciennes. Riche en écailles de Poissons, il a fourni des restes de *Lepidotus* sp. (Poisson actinoptérygien). La zone de passage aux Schistes cartons est riche en moules de *Posidonomya bronni* et présente à Rosenwiller une intercalation de bitume de 1 cm d'épaisseur. Les Schistes cartons sont des silts calcaires et argileux se débitant en feuilletés à l'altération. Dès leur partie inférieure, ils renferment une microfaune pauvre de Foraminifères avec l'association *Falsopalmula deslongchampsii* et *Fronidularia hauffi*, qui marquerait en Lorraine la zone à Bifrons. Sur les Schistes cartons, reposent des marnes argileuses se chargeant vers le haut en nodules calcaires, correspondant à l'horizon à *Dactyloceras commune* de la zone à Bifrons. Ces marnes sont très peu épaisses sur le Seuil d'Alsace (de Barr à Wasselonne) et leur toit est marqué par une surface d'émergence, générale dans le champ de fractus de Saverne, le Toarcien moyen étant transgressif dans toute l'Alsace (J. Schirardin, 1938).

18. Toarcien moyen à supérieur. Marnes à intercalations calcaires très fossilifères (Couches à Jurenses) et couches à *Astarte voltzi*. La limite Toarcien—Aalénien adoptée étant celle qui sépare la zone à Aalensis de la zone à Opalinum, cette unité cartographique comprend également l'Aalénien inférieur de E. Haug.

Au-dessus de la zone à Bifrons qui se termine par une lacune et un niveau de remaniement, la partie médiane du Toarcien est un niveau de condensation avec des lacunes et des remaniements locaux. Elle correspond aux Couches à Jurenses ou Marnes de Schillersdorf qui, avec une épaisseur de l'ordre de 3 à 4 m, comprennent les zones à Variabilis, Thouarsense et Insigne. Les Couches à Jurenses n'ont pu être observées que partiellement, en trois points seulement (Rosenwiller, coupes de l'autoroute A34, Landersheim), dans un état plus ou moins disloqué. A Rosenwiller, elles ont livré *Haugia* gr. *variabilis*, *Grammoceras thouarsense*, *Pseudogrammoceras* gr. *fallaciosum*, *Hammatoceras insigne* et *Lytoceras jurenses*. Leur constitution est vraisemblablement identique à celle indiquée par J. Schirardin (1938) pour la localité de Printzheim (1/50 000 Bouxwiller) : une succession de bancs argileux et marneux peu épais, avec des niveaux phosphatés et des niveaux à *Trochus subduplicatus*. Dans leur moitié supérieure, les Couches à Jurenses contiennent de nombreuses intercalations de petits bancs et plaquettes calcaires beiges, ocre à rouille, souvent oolithiques.

Au-dessus, les Couches à *Astarte voltzi* ou Marnes de Printzheim sont constituées par un ensemble de silts argileux et d'argiles silteuses plus ou moins calcaires, compactes ou litées. Elles n'ont guère été observées qu'au Nord-Est de Gottesheim et au Nord-Ouest de Rosenwiller (dans la tranchée de l'autoroute A34, à l'Ouest du pont de la D. 116 jusqu'à la faille limitant le Toarcien, où elles ont été figurées par erreur en 19). Dans leur partie inférieure, elles sont fréquemment fossilifères, avec en particulier la faune-pygmée à *Astarte voltzi*, *Trochus subduplicatus*, *Cerithium armatum*, *Leda rostralis*, *Trigonia pulchella*, *Nucula hammeri* et *Purpurina subangulata*.

Nous avons récolté *Dumortieria pseudoradiosa*, *Dumortieria* sp. et *Pleydellia* sp. Ces Ammonites confirment leur appartenance aux zones à *Pseudoradiosa* et *Aalensis*. A Printzheim (feuille Bouxwiller) elles ont une puissance de l'ordre de 35 à 40 mètres. Dans leur partie supérieure elles sont souvent pauvres en fossiles et contiennent des nodules calcaires de forme plus ou moins ovoïde. J. Schirardin (1960) donne une succession-type de cette unité pour le Nord de l'Alsace (indiqué comme Aalénien inférieur).

19. Aalénien inférieur. Marnes silteuses grises (Couches à Opalinum). Les Couches à Opalinum ou marnes de Gundershoffen ne sont conservées sur le territoire de la feuille qu'à Gottesheim et au Nord de Rosenwiller. Là, dans les fondations du pont de la D. 116 sur l'autoroute A34 et sur le talus de la tranchée, 200 m à l'Ouest du pont, elles ont livré une très riche microfaune de Foraminifères et d'Ostracodes : Foraminifères : *Lenticulina d'Orbigny*, *L. bochari*, *L. cf. helios*, *Falsopalmula deslongchampsii*, *Vaginulina cf. colliezi* et *Ammomarginula infrajurenensis*; Ostracodes : *Procytheridea apostolescui*, *P. concentrica*, *P. sermoisensis*, *Othocythere callosa* et *Cytheropteron bispinosum cribium*. La macrofaune des Couches à Opalinum a été étudiée par N. Schneider (1927) à Gundershoffen (feuille à 1/50 000 Haguenau). *Trigonia navis* est leur fossile habituel.

Les Couches à Opalinum étant tronquées par l'érosion, seule leur partie inférieure affleure (épaisseur totale dans le cadre de la feuille Bouxwiller 15 à 20 m).

1. Lias supérieur et Dogger inférieur indifférenciés. Entre Ittlenheim et Neugartheim, dans le faisceau de la faille rhénane, s'observe un panneau de formations marneuses et silteuses comprises entre la Grande oolithe (j1) et une faille. Aucune coupe n'est actuellement visible dans cet ensemble. Dans sa partie nord, nous avons trouvé un nodule calcaire contenant un exemplaire de *Dumortieria* gr. *radiosa* indiquant la présence de Toarcien supérieur (Marnes de Printzheim).

• Dogger

j1. Bajocien. Calcaire oolithique (Grande oolithe). Dans le faisceau de la faille rhénane à Nordheim et au Nord-Ouest et au Nord d'Ittlenheim s'observent d'étroits panneaux de calcaire beige clair oolithique, faciès caractéristique de la partie supérieure du Bajocien (zone à Parkisoni) en Alsace. Ces calcaires sont encore visibles dans plusieurs carrières abandonnées.

Formations tertiaires

Oligocène

A l'exception des sables argileux rosâtres d'âge pliocène possible de la région de Steinbourg, les formations tertiaires apparaissent cantonnées uniquement dans le domaine du Fossé rhénan *sensu stricto* (angle sud-est de la feuille). Si des dépôts d'âge éocène ou oligocène ont pu exister dans le domaine du champ de fractures de Saverne ainsi qu'en témoignent les lambeaux de Bouxwiller et du Scharrarberg, ils n'ont pas été conservés. Contre la faille rhénane, au Nord-Ouest et au Nord d'Ittlenheim quelques lambeaux témoins de Conglomérat côtier (formation de bordure du tertiaire rhénan, hétérochrone, ayant livré localement des fossiles marins) ont été observés. L'essentiel du Tertiaire de la feuille est constitué par une des assises de la série tertiaire du Fossé rhénan : les Marnes à Cyrènes.

g2d. Stampien p.p. (Rupélien supérieur). Marnes argileuses à *Ostrea cyathula* (Marnes à Cyrènes) et Molasse alsacienne : grès et sables calcaires et micacés. Les formations tertiaires, en grande partie masquées par la

couverture de loess et les formations de solifluxion du Bas-Kochersberg, affluent aux environs d'Ittlenheim ainsi qu'au Nord-Est et au Sud-Est de Marlenheim. Les zones d'affleurement sont localisées sur les versants exposés à l'Ouest, au Sud-Ouest et au Sud. Ce sont des marnes verdâtres, gris verdâtre ou brun verdâtre, donnant des terres gris noirâtre à l'altération, avec des intercalations sableuses plus ou moins cimentées par du calcaire (faciès *molasse alsacienne* au sens le plus large). *Ostrea cyathula* est fréquente dans les milieux molassiques. A la surface des dalles gréseuses, les empreintes de plantes ne sont pas rares. Des empreintes de *Salix* ont été observées près d'Ittlenheim (F. Geisert, inédit). Aux environs de Truchtersheim (feuille à 1/50 000 Brumath) une flore, à cachet subtropical à *Cinnamomum*, *Juglans* et *Magnolia* a été décrite par A. Hemmer (1918) dans ces formations. Outre *Ostrea cyathula*, les Marnes à Cyrènes ont livré *Tympanotonos margaritaceum* et, dans le bassin de Pechelbronn, d'autres Mollusques de la faune du Stampien du bassin de Paris. S. Gillet (1953 et 1954) par l'étude des Foraminifères et des Mollusques, puis A. Stchépinsky (1963) par l'étude des Ostracodes ont montré la dessalure progressive des Marnes à Cyrènes, passant de 17 ‰ à 1 ‰. Leur épaisseur est inconnue dans le secteur figuré sur la carte. Elle varie entre 90 et 267 m dans les sondages qui l'ont traversée sur la feuille voisine (Brumath-Drusenheim). La fraction argileuse des Marnes à Cyrènes n'a pas été étudiée dans le domaine de la feuille. Pour l'ensemble de l'Alsace, C. Sittler (1965) donne une idée de sa composition moyenne : prédominance d'illite et de montmorillonite, pourcentages faibles et variables de chlorite et traces de kaolinite.

Dans le sondage 233.8.26, les marnes stampiennes ont livré une microflore d'âge mésozoïque, remaniée, associée à des éléments indiquant un âge oligocène moyen (*Tilia*, *Tectatodinium* sp., *Carpinus*, *Sapotaceae*, *Pinus diploxylon* P25, *Basopollis*, *Chiropteridium* sp., *Cupressaceae*, *Cerya*, *Ulmus*).

Formations superficielles - Quaternaire

Comprenant principalement des formations d'altération, des formations loessiques, des formations de gélifluxion, des formations alluviales et colluviales, les formations superficielles occupent les surfaces d'affleurement les plus étendues et masquent en grande partie les formations du substrat.

A l'exception des formations de versant du domaine d'affleurement des grès du Buntsandstein non représentées, la plupart des formations superficielles ont été figurées. Sur un bon nombre de versants où, par suite d'une discontinuité ou d'un amincissement de la couverture superficielle, transparait la nature du substrat, celui-ci a été représenté en priorité.

Les grandes unités structurales de la feuille donnent une certaine ordonnance dans la répartition des formations superficielles. Le plateau de Phalsbourg n'est guère recouvert que par des formations d'altération. Les Vosges gréseuses, où les surfaces inclinées sont très largement prédominantes, sont le domaine des formations de versant à blocs de grès. Dans la partie la plus élevée du massif s'observent quelques dépôts morainiques. Le champ de fractures de Saverne est largement recouvert de loess très altérés et soliflués. Les environs de Saverne et de Dettwiller ont été le siège d'un important alluvionnement au Quaternaire ancien. Au Sud-Est, l'Ackerland est presque entièrement recouvert par une épaisse couverture de loess.

Fait non particulier à la région, le dépôt et l'évolution des formations superficielles ont été fortement conditionnés par le jeu des grandes variations climatiques du Quaternaire :

— les périodes froides ont donné une grande puissance à la désagrégation et aux processus de transport et de dépôt : gélifraction des affleurements rocheux, gélifluxion généralisée sur tous les versants (y compris ceux à faible pente)

couverts de formations meubles à granulométrie fine ou en roche calcaire; alluvions grossières;

— les périodes tempérées ont favorisé l'altération et la finesse de l'alluvionnement.

Dans le cadre du Fossé rhénan, l'évolution tectonique au cours du Quaternaire a pu avoir quelques répercussions sur l'évolution du réseau hydrographique et l'évolution de l'alluvionnement. Comme exemple de mouvements locaux citons une légère subsidence possible au Quaternaire ancien et au Mindel dans le bassin de Saverne en liaison avec des phénomènes tectoniques ? (J. Tricart, 1956). Pour l'évolution tectonique d'ensemble soulignons les fortes incisions avant et après le Mindel, en réponse à une forte subsidence dans l'axe du Fossé rhénan, avec le jeu probable de la faille rhénane avant le Mindel et de celui de la faille de Mundolsheim après le Mindel (H. Vogt, indications orales).

Enfin, rappelons l'importance du contexte géologique dans la genèse des formations superficielles. Par exemple, le fort alluvionnement dans le bassin de Saverne peut être lié à une ablation différentielle antérieure dans les formations argileuses du Keuper (très net plus au Nord sur la feuille Bouxwiller). Les caractéristiques particulières du complexe loessique du champ de fractures de Saverne sont liées à la présence d'un substrat peu perméable (argiles et marnes du Keuper et du Lias) à morphologie ondulée ayant conditionné son altération par hydromorphie et son remaniement par gélifluxion.

Pour le Quaternaire, nous utiliserons l'échelle chronologique longue, en faisant débiter la période avec le premier grand refroidissement climatique (Prétilgien). Établie d'après le contexte régional et un certain nombre d'observations développées dans les descriptions ci-dessous, la chronologie des principales formations quaternaires de la feuille peut être schématisée par le tableau suivant :

Type de dépôt Chronologie	Loess	Alluvions	Épan- dages (*) limoneux	Formations de versant (géli- fluxion)	Colluvions	Moraines	
Époque actuelle Holocène	altération œ y (altération) (œ x) altération œ w recouvrement	Fz		peu importantes + + + +	Cy-z		
Würm		Fy				+	+
Riss		Fx creusement				+	?
Mindel		Fw creusement altération	+				reprises par la géli- fluxion
Quaternaire ancien Éoquaternaire ou Pliocène		Fv altération Fp-v	?	+			

(*) Observées seulement dans une carrière figurée dans l'angle sud-est de la carte (Furdenheimthal, commune d'Osthoffen), ces formations sont très semblables aux couches rouges d'Egersheim (feuille à 1/50 000 Molsheim) rapportées sans preuve paléontologique à l'Oligocène ou à l'Aquitainien (W. Wagner, 1924; J. Schirardin, 1954; C. Sittler, 1965). Dans les coupes de l'autoroute A34, au Nord-Est d'Hochfelden (feuille à 1/50 000 Brumath-Drusenheim), nous avons observé des dépôts semblables interstratifiés avec les alluvions attribuées au Mindel (figurées par erreur en Pliocène sur la carte). Il s'agit de formations d'altération du Lias (Hochfelden; avec ovoïdes ferrugineux libérant à l'altération des teintes rouge sanguine) ou du Tertiaire (Osthoffen, Egersheim ?) remaniées au Quaternaire ancien ? et au Mindel par colluvionnement ou solifluxion.

Coupe de la carrière du Furdenheimthal (Osthoffen) :

8/-0,60 m	: limons loessiques à nombreuses poupées calcaires;
7/-1,00 m	: loess brun clair, plus ou moins remaniés, à <i>mycelium</i> calcaire dense. Mollusques : espèces banales de loess wurmien (<i>Succinea oblonga</i> , <i>Trichia concinna</i> , <i>Pupilla muscosum</i> s.l., <i>Arianta arbustorum</i>); corpuscules (25 % du loess);
6/0,05 à 0,30 m	: grès grossier (alluvions cimentées par du calcaire) plus ou moins disloqué par cryoturbation;
5/0,80 à 1,20 m	: argiles limoneuses beiges à rouges à nodules calcaires très abondants (50 %) dans la partie supérieure; quelques taches vertes;
4/1,00 à 1,50 m (éch. 75114)	: argiles limoneuses rougeâtres, à débit prismatique, avec nodules calcaires dans les 30 cm supérieurs. Intercalation à galets de quartz et de quartzite, brunifiée (alluvions remaniées) dans la partie méridionale de la carrière;
3/0,10 à 0,15 m	: niveau d'accumulation calcaire;
2/1,00 à 1,50 m (éch. 75112)	: limon beige à rougeâtre, taches vertes en lentille de 0,5 à 1 cm d'épaisseur, subhorizontales à la base;
1/visible sur 1 m	: limon argileux rougeâtre (75111) avec localement grosses taches vertes à la base (75110); rares débris de tests.

Épandages limoneux : couches 1 à 6. Granulométrie et diffractométrie des échantillons 75110 à 75114 sur le tableau n° 1.

Formations glaciaires

G. Moraines de névés. Des accumulations de grès, d'origine glaciaire, ont été reconnues aux flancs du Schneeberg, dernier grand sommet des Vosges vers le Nord (960 m), et dans la vallée de la Mossig. Un peu mieux calibrées et beaucoup plus importantes que les formations périglaciaires à blocs, ces accumulations sont localisées en contrebas d'anciennes niches de nivation (Nord-Est du Schneeberg), à l'aval d'un ancien appareil glaciaire (fermes du Schneeberg) où même dans l'échancrure d'un cirque glaciaire caractéristique (Graffenweiher).

L'épaisseur de ces moraines est faible, lorsqu'il s'agit d'un simple placage sur un versant (1 à 2 m) mais peut être importante dans le cas d'un bourrelet (vallum du Graffenweiher) ou d'un remplissage de fond de vallon : jusqu'à 5 m et plus.

Ces moraines sont les témoins les plus septentrionaux des marques glaciaires dans les Vosges. Ils sont liés à de simples glaciations de cirque ou de tête de vallée avec un développement maximal de 1,5 km d'amont en aval pour l'appareil le plus développé (sources de la Mossig). L'état des moraines et la conservation des formes (Graffenweiher) suggèrent que ces moraines sont liées à des glaciations récentes d'âge wurmien voire rissien pour les témoins les plus avancés.

Formations d'altération

Limons argileux, plus ou moins mêlés de colluvions loessiques et de sables alluviaux remaniés.

Étant donné qu'il y a le plus souvent un passage très progressif de la roche saine à la formation où les caractères physiques de la roche saine n'apparaissent plus (teinte, stratification, structure), seule la partie présentant l'évanescence de ces caractères est ici considérée. Dans l'ensemble l'altération est beaucoup moins profonde dans le domaine du champ de fractures de Saverne que sur les plateaux lorrains.

At3. Limons d'altération du Muschelkalk inférieur. Ces limons sont bien individualisés sur des surfaces relativement restreintes du plateau de Phalsbourg et aux environs de Reinhardsmunster et Hengwiller (Sud-Ouest de Marmoutier). Ce sont des limons ocre ou beiges délavés, parfois un peu micacés, facile à confondre à première vue avec des loess altérés (lehms). Ils s'en distinguent généralement par une teinte plus ocre, la présence d'une fraction sableuse plus importante et des paillettes de muscovite et surtout par le passage progressif à la roche-mère. Leur épaisseur excède rarement 3 mètres.

At. Limons d'altération des argilites du Trias. Ce sont des limons grisâtres argileux généralement hydromorphes avec développement du faciès pédologique pseudo-gley (marbrures grises et ocre). Ils sont bien développés dans la dépression de Schwenheim. Leur épaisseur excède rarement 2 mètres. Le tableau n° 1 donne une idée de la granulométrie d'un de ces limons (échantillon n° 62865). Sur les versants, même en très faible pente, ils sont souvent soliflués et mélangés à du matériel loessique colluvionné (SoE-At).

A1. Limons d'altération des marnes du Lias. De teinte brunâtre à grisâtre ces limons sont souvent hydromorphes et plus ou moins marbrés de taches ocre (faciès pseudo-gley). Sur les marnes du Lotharingien ou sur les marnes du Domérien ils contiennent de nombreux fragments centimétriques de concrétions ferrugineuses. Leur épaisseur excède rarement 3 mètres.

Ag. Limons d'altération des marnes oligocènes. A l'altération, les marnes oligocènes donnent des terres limono-argileuses grises à noires souvent hydromorphes. Localisés dans l'Ackerland, ces limons ont rarement plus d'un mètre d'épaisseur.

Formations du piedmont vosgien

Sables plus ou moins argileux et blocs de grès.

Pt1-2. Matériaux remaniés du Buntsandstein moyen à supérieur - Pt1. Matériaux remaniés du Grès vosgien. Ces formations sont constituées par du matériel géliflué à partir de l'escarpement de la faille vosgienne, sur le glacis situé en contrebas. Elles se sont étalées jusqu'à une distance de 1 km de l'escarpement. Elles forment une couverture presque continue entre Hengwiller et Saverne, plus discontinue au Nord de la Zorn. Dans ces deux secteurs le glacis d'âge fin Tertiaire à début Quaternaire probable (*) est façonné dans des formations du Muschelkalk et de la Lettenkohle. Dans l'ensemble, elles paraissent peu épaisses (1 à 2 m) sauf dans le cas où elles fossilisent une entaille ancienne dans le glacis. Ces formations ont pu se former pendant toutes les périodes froides du Quaternaire où les processus de gélifluxion ont été généralisés sur tous les dépôts peu argileux limoneux ou sableux fins.

Formations superficielles de versant

Deux grandes catégories de formations de versant peuvent être distinguées :

- les formations sableuses à blocs des Vosges gréseuses,
- les formations limoneuses ou limono-sableuses des versants du champ de fractures de Saverne.

Les formations sableuses à blocs des Vosges gréseuses ont une telle extension et une telle monotonie de faciès, malgré leur hétérogénéité de détail, qu'elles n'ont pu être représentées, afin de ne pas masquer la nature géologique de la région : elles tapissent pratiquement tous les versants, le substrat n'apparaissant

(*) Ou plus récent, peut-être même d'âge riss pour une partie de son étendue (H. Vogt, indication orale).

qu'en corniches rocheuses. J. Tricart (1949) en a donné les premières descriptions et données interprétatives. Dans l'ensemble, les nombreuses entailles des chemins forestiers montrent une formation très grossière à blocs et blocailles de grès prise dans une matrice sableuse blanchâtre, ocre (début de podzolisation) ou rosâtre. Plusieurs processus, la plupart liés aux périodes froides du Quaternaire paraissent à l'origine de ces formations. La gélifluxion s'est appliquée sur les matériaux les plus riches en matrice fine. Le colluvionnement a été très actif dans le matériau sableux. Le glissement individuel des blocs par gravité semble avoir été fréquent, ce qui explique la forte prédominance des blocs disposés parallèlement à la pente sur les versants escarpés (exemple : versant de la vallée de la Mossig en aval de Freudeneck). Pour les parties les plus montagneuses, de petites coulées d'avalanche ont pu être un agent de transport actif. L'aspect actuel de la formation est essentiellement lié aux derniers stades froids du Würm, où les matériaux accumulés pendant les périodes précédentes ont été en majeure partie remis en mouvement. L'épaisseur moyenne de la formation est de l'ordre de 2 à 3 m, mais elle est souvent beaucoup plus puissante (jusqu'à 5 m et plus). A sa base, surtout quand elle est épaisse, on observe souvent une formation moins grossière, pauvre en blocs, un peu argileuse, litée parallèlement à la pente. Le contact avec le substrat est une surface très irrégulière. Bien qu'elles soient situées dans le domaine du champ de fractures de Saverne, les formations de versant recouvrant le Grès vosgien et les Couches intermédiaires dans la forêt de la Mossig sont du même type que celles des versants des Vosges gréseuses.

S. Limons argileux ou sablo-limoneux, avec ou sans débris lithiques (l'origine du matériau est indiquée par un ou plusieurs indices). Localisées essentiellement dans le champ de fractures de Saverne, ces formations sont surtout développées et étendues au Nord de la Zorn et dans le bassin versant de la Mossel. Les plus étendues d'entre elles ont remanié d'anciens loess et des alluvions sableuses attribuées au Mindel qui se sont très largement étalées aux environs de Saverne et de Dettwiller. Elles ont été notées **SoE-Fw**. Les tranchées et sondages effectués pour la construction de l'autoroute A34 ont permis de se faire une idée de la composition et de l'épaisseur du complexe **SoE-Fw** au Nord de la Zorn. Dans les coupes les plus complètes, nous avons observé de haut en bas :

- 3 - des sables très limoneux ou des limons sableux beiges à ocre, généralement peu épais;
- 2 - des limons loessiques plus ou moins altérés, parfois sableux, remaniés en partie ou en totalité. Ils peuvent être épais de plusieurs mètres;
- 1 - des sables un peu limoneux ou des limons sableux avec parfois des passées de galets de quartz et de quartzite. Leur épaisseur est très variable (quelques décimètres à plusieurs mètres);
- 0 - à la base le substratum, argilo-silteux ou marneux, altéré, avec parfois un niveau de remaniement à débris calcaires et débris de fossiles à son sommet.

L'ensemble 1 à 3 a une épaisseur dépassant rarement 6 mètres. Dans les cas les plus fréquents, seuls les termes 1 et 2 sont représentés. Parfois le terme 2 ou le terme 3 seul constitue toute l'épaisseur de la formation. Le terme 1 est constitué essentiellement par des sables du Mindel, d'origine vosgienne, remaniés, très probablement au Quaternaire moyen. Le terme 2 comprend essentiellement du matériel loessique probablement déposé de la fin du Mindel au Riss et remanié au Riss et au Würm. Le terme 3 comprend des matériaux loessiques et des sables du Mindel remaniés au Würm.

A l'Ouest de la Zintzel, les limons ne sont pas toujours représentés et sont souvent sableux. Cependant, ils peuvent être localement épais (Nord de Steinbourg, à proximité du sondage 3-84 : 6 m). L'épaisseur moyenne du complexe **SoE-Fw** est de l'ordre de 2 à 3 mètres.

A l'Est de la Zintzel, les limons (terme 2) prennent de plus en plus d'importance en se dirigeant vers Gottesheim. Très variable, leur épaisseur paraît en partie liée à leur position topographique : jusqu'à 4 m et plus sur les versants exposés au Sud (Nord-Est de Rosenwiller, Sud-Est de Gottesheim), 1 à 3 m. seulement sur les versants exposés à l'Ouest et au Nord (indice d'apports loessiques par des vents dominants du Nord-Ouest). Donnons quelques coupes et données locales intéressantes :

● **Tranchée de la route de Steinbourg à Dossenheim** à la sortie nord du pont sous l'autoroute A34, de haut en bas :

— sables alluviaux remaniés (terme 3)	0,50 à 1 m
— niveau d'accumulation ferro-manganique en petites concrétions ou diffus dans un matériel limoneux	0 à 0,30 m
— loess altéré panaché ocre et gris (disposition en poche, nette vers le Sud)	2 m
— loess altérés panachés brun-ocre avec quelques taches grises (cf. loess du Mindel)	2 à 3 m
— niveaux à sable et galets de quartz et de quartzite interstratifiés dans un matériau dito ci-dessus	0,75 à 2 m
— argilites du Keuper	

● **Rosenwiller : tranchée de l'autoroute** sous le pont de la D. 116 (terme 2 seul) ; de haut en bas :

- limon argileux brun-rouge (lehm) : 0,40,
- limon plus ou moins sableux panaché ocre et gris, faciès pseudogley : 2 m (loess altérés remaniés et mêlés à des sables),
- limons gris à trous de racines et faune de Mollusques probablement remaniée à partir d'un loess par ruissellement : *Arianta arbustorum* (localement prédominant), *Pupilla muscorum* s.l. (localement prédominant), *Succinea oblonga*, *Trichia concinna*, *Vitrea crystallina*, *Columella columella*, *Vertigo parcedentata*, *Limax* sp., corpuscules : 0,10 à 0,30,
- limon ocre rougeâtre massif à petites taches noires ferro-manganiques (altérations des argiles silteuses de l'Aalénien), visible sur 0,80.

● **Gottesheim : tranchée de la D. 232** au Nord de l'autoroute A34.

Visible sur 3 m ; sables rougeâtres compacts un peu argileux à fragments (0,5 à 1 cm) ferrugineux plus ou moins émoussés (débris des nodules ferrugineux des marnes du Lias remaniés) (terme 3 très développé ? ; noter la position topographique relativement haute de ces sables : 220 m ; cf. sables du Mindel remaniés, mais peut-être plus anciens).

● **Gottesheim : coupe au niveau du pont de l'autoroute A34** sur la D. 67 :

- limon loessique un peu rougeâtre avec grains de sables mêlés : 2 m (terme 3),
- limons loessiques brun-ocre : 1,50 m,
- limons loessiques ocre légèrement calcaires, quelques concrétions ferro-manganiques : 1,20,
- loess remaniés beige clair avec petits galets de quartz épars. Se chargent progressivement vers le bas en concrétions ferro-manganiques et passent à un pseudogley très délavé à très nombreuses concrétions ferro-manganiques : 1 à 2 mètres.

(Dans un sondage voisin, le terme 1 n'est pas représenté).

Au Sud de la Zintzel, nous n'avons guère eu de coupes dans les formations de versants. Leur épaisseur moyenne paraît être de l'ordre de 2 à 3 mètres. Celles qui proviennent du remaniement des formations d'altération du Lias ou du Trias sont

plus ou moins argileuses et plus ou moins riches en sables fins. Le sondage 233-3-96, au Sud-Ouest de Schwenheim nous a donné une coupe dans la formation **SoE-~~st~~**; de haut en bas :

- limon finement sableux, granuleux beige, ocre à noir hydromorphe : 1,20 m,
- limon finement sableux, ocre, à grains de quartz anguleux, débris de grès, grains et granules ferrugineux; plus argileux à la base : 2,55 m,
- argilites rouges du Keuper inférieur remaniées avec grains de quartz et débris de grès émousés : 0,25 m,
- argilites rouges du Keuper inférieur en place.

Les versants modelés dans les formations calcaires du Muschelkalk (exemple **St5**) sont plus ou moins recouverts de formations de versants très riches en débris calcaires. La matrice est argilo-limoneuse. Ceux qui sont façonnés dans le Grès à *Voltzia* et le Grès coquillier sont limono-sableux et contiennent souvent des petits fragments et des petits blocs de grès.

A la limite sud-est de la feuille, à l'Est de la Mossig, sur le versant le plus septentrional des collines de Scharrachbergheim, s'observent des formations de solifluxion riches en gros galets calcaires, remaniées du Conglomérat côtier oligocène (**Sg2**).

Le processus prédominant dans la genèse des formations de versant limoneuses a été la gélifluxion pelliculaire, liée au dégel superficiel pendant les périodes froides. Le ruissellement et des mouvements en masse sur les pentes fortes ont joué localement un rôle non négligeable.

Complexe loessique atypique du champ de fractures de Saverne

Limons plus ou moins soliflués, généralement décalcifiés et assez argileux en profondeur

SoE	: complexe loessique indifférencié
SoE C	: limons calcaires en surface
SoE \emptyset	: limons sans calcaire en surface
SoE y	: limons loessiques d'âge würm.

Ces limons recouvrent des surfaces très étendues dans la partie orientale et nord-orientale du territoire couvert par la feuille; principalement dans le domaine d'affleurement des formations du Keuper et du Lias. Dans cette région mollement ondulée, ils se situent systématiquement en position topographique haute : replats et hauts de versant, mais ils tapissent aussi souvent des versants jusqu'en bas des vallons. Les replats bordant la vallée de la Mossig au Sud et à l'Est de Marlenheim sont également recouverts de limons **SoE**.

Ces limons sont les restes d'un ancien complexe loessique, comprenant des limons d'âge probable mindel à würm très altérés et souvent soliflués en raison de conditions hydromorphiques locales, liés à la nature peu perméable du substrat.

L'épaisseur du complexe est le plus souvent de l'ordre de quelques mètres. La puissance maximale observée (sondage 233-4-14) est de 12 mètres. Ces limons sont généralement beaucoup plus compacts que les loess typiques. Leur teinte est généralement foncée : ocre à brun-ocre à l'état sec (voir couleur code Munsell sur tableau n° 1). 24 échantillons ont été analysés (granulométrie, diffractométrie et calcimétrie, voir tableau n° 1). Ils comprennent généralement une fraction limoneuse (20 à 50 μ), prédominante (40 à 80 %), une fraction argileuse relativement importante (près de 20 % en moyenne) et une fraction sableuse très fine (5 à 15 %). Le plus grand nombre d'échantillons présente un mode principal à 25 μ . Quelques-uns ont un mode à 40 μ et d'autres à 6 μ . Très étalé et peu marqué, le mode 6 μ se retrouve sur de nombreux échantillons. Certaines couches contiennent une petite fraction sableuse (supérieure à 80 μ), indice de remanie-

ment par ruissellement à partir d'anciens niveaux d'alluvions (sables d'origine vosgienne) ou de nappes de sables éoliens ?

Le calcaire parfois présent en surface sous forme de concrétions (poupées), plus rarement en tubulaires ou veinules (*pseudomycelium*), n'existe qu'à l'état de traces en profondeur. Il se retrouve à la base de la formation sous forme de concrétions ou d'amas pulvérulents. La masse principale des limons est constituée par du quartz très fin accompagné de faibles quantités de feldspath et de minéraux argileux. Les minéraux argileux les mieux représentés sont les smectites (montmorillonite). La kaolinite et l'illite sont presque toujours présentes en quantité notable.

Le complexe loessique est constitué de couches d'une épaisseur de l'ordre de 0,30 à 3 mètres. Dans plusieurs sondages, un important niveau d'accumulation d'oxydes de fer et de manganèse avec concrétions a été rencontré vers 5—6 m de profondeur (base des loess rissiens ?) avec, au-dessous, des limons d'une teinte ocre plus franche (loess du Mindel probable). Dans le sondage 233-4-14, le complexe loessique recouvre un niveau de sables rouges d'origine vosgienne (alluvion d'âge mindel probable).

Complexe loessique du Bas-Kochersberg

Succession variable de loess calcaires et de loess décalcifiés. (lehms).

OE : notation d'ensemble du complexe loessique pouvant comprendre des loess d'âge mindel à la base et des loess d'âge würm au sommet.

OE γ : loess du Würm identifiés

OE ω : loess du Mindel identifiés

OE \emptyset : loess entièrement décalcifiés.

Le Bas-Kochersberg ou Ackerland, pays situé entre le champ de fractures de Saverne et le domaine alluvial rhénan, est presque entièrement recouvert de loess. Le complexe loessique γ est généralement épais et ne laisse apparaître que rarement le substrat des marnes oligocènes. En surface, ce sont des loess beige clair, très poreux à *pseudomycelium* calcaire, plus ou moins décalcifiés dans leur partie supérieure (lehm brun-rouge). Dans le sondage 233-8-27, ils ont une épaisseur de 5 m, avec des petites concrétions calcaires à la base. En dessous, le sondage a traversé un second *cycle loessique*, d'âge riss probable, avec un horizon décalcifié au sommet (tableau n° 1 éch. 52) et accumulation calcaire à la base (éch. 50). Les loess du Mindel ne paraissent pas représentés et le complexe loessique a dans ce sondage une épaisseur de 40 mètres. Les compositions minéralogiques et granulométriques sont très comparables à celles des limons du complexe loessique du champ de fractures de Saverne.

Dans la tranchée de la N 4 à l'Est de Marlenheim affleure la partie inférieure du complexe loessique, de haut en bas :

- loess brun clair avec poupées cavernieuses : 2 m,
- loess brun-ocre plus ou moins décalcifiés et légèrement hydromorphes, avec accumulation calcaire à la base : 1,50 m,
- en dessous : marnes oligocènes gris verdâtre silteuses.

Le niveau inférieur a livré une riche faune de Mollusques analogue à celle des loess du Mindel d'Ingolsheim (carte géol. à 1/50 000 Seltz-Wissembourg). Déterminations et interprétations de F. Geissert :

Espèces caractéristiques de ce loess : *Neostyriaca corynodes*, *Vallonia tenuilabris*, *Semilimax kochi* (caractéristique du Mindel), *Vertigo genesii*, *Columella columella*, *Catinella* cf. *arenaria*.

Espèces caractéristiques des loess indifférenciés : *Pupilla muscorum* s.l., *Trichia concinna*, *Succinea oblonga*, *S. oblonga elongata*.

Espèces accessoires du loess : *Vitrea crystallina*, *Vallonia costata*.

Espèces des loess déposés en milieu aquatique : *Gyraulus rossmaesleri*, *Anisus leucostomus*, *Galba palustris diluviana*.

En Alsace, la base des complexes loessiques n'a jamais donné un âge antérieur au Mindel. Dans cette partie de l'Ackerland, comme dans une grande partie de la région, la surface de dépôt des loess du Mindel correspondait en grande partie au niveau des basses plaines, très étendues à cette époque (grand étalement des alluvions du Mindel). Le loess mindelien de Marlenheim s'est déposé sur la basse plaine mindelienne de l'Ackerland parsemée de mares plus ou moins temporaires.

Formations alluviales

Le territoire couvert par la feuille appartient à deux bassins alluviaux : celui de la Zorn au Nord et à l'Ouest, intéressant plus des deux tiers de la surface considérée, celui de la Mossig au Sud. A l'exception des alluvions tapissant les fonds de vallons du Kochersberg et du plateau de Phalsbourg, les alluvions figurées sont essentiellement constituées de sables et galets provenant de l'érosion des puissantes formations gréseuses du Buntsandstein des Vosges (P. Jérôme et J. Sauvage).

Les alluvions se sont surtout étalées et bien conservées en dehors du massif vosgien (zone de départ), dans le champ de fractures de Saverne et l'Ackerland (zone de transport et de sédimentation). En marge des domaines affectés par un enfouissement durable au cours du Quaternaire (basse plaine rhénane, Ried d'Andlau), le champ de fractures de Saverne présente des alluvions étagées (comme en Lorraine et dans le bassin de Paris), fait lié à l'incision progressive du réseau hydrographique. Des jeux tectoniques quaternaires ont été mis en évidence dans la région de Saverne (J. Tricart, 1956) et celle de Wasselonne (H. Vogt, 1967), mais ces mouvements locaux n'ont pas modifié le schéma d'ensemble : un affaissement général en escalier progressant dans le temps des bords vers le centre du Fossé rhénan.

Pour la caractérisation et la datation des différents niveaux d'alluvions, en l'absence de fossiles, deux principaux critères ont été utilisés : la position en altitude des nappes alluviales (étagement) et le degré d'altération des galets de Grès vosgien (blanchiment), déjà utilisé par L. van Werweke et repris et affiné par H. Vogt (1965) sur toute la bordure orientale des Vosges. Ce dernier critère, en partie étalonné à partir de niveaux datés par les méthodes paléontologiques (Pliocène fossilifère de la région de Haguenau, loess à malacofaune du Mindel) a permis d'ébaucher une chronologie des alluvions du Quaternaire ancien.

Dans la vallée de la Zorn, si on exclut la formation hypothétiquement plio-quaternaire de Saint-Jean-Saverne et Steinbourg (Fp-v), recouverte par des sables du Mindel, il est possible de distinguer 4 niveaux d'alluvions (*) :

	Age	Altitude relative
Fv	Quaternaire ancien	45 à 55 m
Fw	Mindel	25 m à Saverne 40 m en aval d'Ingenheim
Fx-y	Riss ou Würm ancien	4 à 5 m
Fz	Holocène et Würm	basse plaine actuelle

Dans la vallée de la Mossig, au relief plus accusé, les lambeaux d'alluvions ont été le plus souvent remaniés en partie ou en totalité. En outre la région de Marlenheim a été déformée au Quaternaire et plusieurs lambeaux n'ont pu être

(*) Mais 5 formations, si l'on ajoute les alluvions anciennes non affleurantes situées sous les alluvions du Mindel.

classés (**Fv-w**, **Fw-x**). Cependant, on retrouve à peu près les mêmes niveaux que dans la vallée de la Zorn et l'importance de l'incision des deux rivières apparaît du même ordre :

	Age	Altitude relative (points les plus élevés)
Fv	Quaternaire ancien	45 m
Fw	Mindel	30 m ?
Fx	Riss	5 à 10 m
Fy	Würm	} basse plaine actuelle
Fz	Holocène	

Fp-v. Sables alluviaux argileux blanc rosâtre d'âge pliocène ou quaternaire ancien, indifférenciés. A Saint-Jean-Saverne, dans la pointe méridionale de l'échangeur de Saverne (autoroute A34), affleuraient, sur 2 m sous les sables du Mindel, des sables gris-blanc rosâtre plus ou moins argileux. L'aspect de cette formation rappelle certains faciès du Pliocène de basse Alsace.

Au Nord de Steinbourg, à l'Ouest de la route de Dossenheim, l'autoroute A34 a recoupé en tranchée les formations suivantes de haut en bas :

- en surface, galets colluvionnés (alluvions du Mindel remaniées),
- 1,50 : argile brun-rouge, peu sableuse à veines gris-vert,
- 3,00 à 4 m : argiles plus ou moins sableuses, vert clair à taches ocre, avec un niveau gris à rares pollens (*Pinus diploxylon* (5), *Betula* (1), *Echinosporites* sp. (1), *Corylus* (1), *Laevigatussporites haardtii* (1), Composées (1) (âge : Quaternaire indifférencié),
- 0,40 m : sable jaune,
- 0,50 m : sable blanc à ocre avec assez nombreux galets de quartz et de quartzite et rares grès roses ou blanchis (équivalent du pré-Mindélien de la base de la gravière Lotz; faciès latéral plus fin),
- 2 m : sables blancs avec quelques passées de petits galets de quartz et de grès blanchis (équivalent de **Fp-v** à Saint-Jean-Saverne).

On aurait eu un dépôt d'âge pliocène ou quaternaire ancien assez étendu dans une dépression (d'origine tectonique ?) au pied des Vosges, qui a pu guider par ailleurs le cours de la Zorn. La présence d'une zone de mobilité tectonique pourrait aussi expliquer les observations faites par J. Tricart (1956) sur les déformations dans la gravière Lotz. Les alluvions pré-mindéliennes à la base de la gravière Lotz sont très grossières (centile : 20 cm; blocs aux angles émoussés). On y trouve des blocs de néo-quartzification (type Pierre de Stonne) remaniés. Le sommet de cette formation est à 205 mètres. Au Nord de Steinbourg il est à 195 m environ, mais sa partie supérieure a pu être érodée.

La position de ces alluvions anciennes sous les sables du Mindel pose un problème. Peut-être s'agit-il de sables déposés après la phase de creusement ayant précédé le dépôt des sables du Mindel et provenant de la désagrégation d'alluvions plus anciennes. Sur la rive droite de la Zorn (carières Lotz), J. Tricart (1956) mentionne la présence d'alluvions du Quaternaire ancien sous les sables et graviers du Mindel.

Fv. Alluvions d'âge quaternaire ancien indifférenciées. De Saverne à Otterswiller et Waldolwisheim, les alluvions Fv jalonnent un ancien cours de la Zorn, situé très au Sud du cours actuel de la rivière. Elles sont constituées de galets de quartz et de quartzite et de galets de grès blanchis dans la masse. Certains galets de grès ont perdu toute cohérence. Quelques galets sont en silicite du Muschelkalk. La matrice sableuse ocre contient un peu de muscovite.

Dans l'affleurement examiné (Otterswiller, anciennes carrières presque remblayées), la stratification était inclinée et le plus gros galet observé avait une longueur de 10 cm. A l'Ouest de Waldolwisheim, les galets de grès sont très peu nombreux. Les galets de quartz, très abondants, montrent un cortex d'oxydes de fer. La zone d'affleurement des cailloutis d'Otterswiller s'étale sur une dénivelée de 25 mètres. Il est peu probable qu'ils soient aussi épais, car ils sont en grande partie remaniés et les modestes affleurements ne permettent pas de savoir s'ils se répartissent en un seul ou en plusieurs niveaux.

Dans la vallée de la Mossig, les cailloutis d'Odratzheim ont des caractères pétrographiques similaires. Ils auraient localement une dizaine de mètres d'épaisseur. A la Wangenmuhl, un sondage a traversé sous des alluvions à galets de quartz et de grès rouge attribués au Mindel, 4 m de sables et galets à éléments de grès décolorés semblables à ceux des cailloutis d'Odratzheim (superposition ou emboîtement ?). Deux hypothèses peuvent expliquer la position anormalement basse des alluvions altérées de la Wangenmuhl : un affaissement local lié au rejeu quaternaire de la faille rhénane ou un remaniement par un ruisseau ayant charrié exclusivement des cailloutis d'Odratzheim. En amont du Kronthal, les alluvions Fv ne sont représentées que par de petits lambeaux (Sud de Wasselonne, Nord de Cosswiller ?).

Fv-w. Alluvions d'âge quaternaire ancien à mindel indifférenciées. Au Nord-Est de Cosswiller, le flanc oriental du Schlumberg est partiellement recouvert par une traînée d'alluvions anciennes, sans galets de grès rouges. Il peut s'agir soit d'un seul niveau Fv, en place sur le sommet et remanié sur le versant, ou de deux niveaux, le plus bas pouvant alors être attribué au Mindel (l'absence de galets de grès rouge ne favorise pas cette dernière hypothèse).

Fw. Alluvions d'âge mindel probable. Ces alluvions occupent des surfaces très importantes à l'Est et au Nord-Est de Saverne, en particulier dans le bois de la Faisanderie. Au Sud de la Zorn et entre Dettwiller et Melsheim, elles sont constituées par d'épais cailloutis à galets de quartz, de quartzite et de grès rouge, présentant un début d'altération, disposés en lentilles souvent bien granoclassées. La stratification est généralement entrecroisée, fossilisant un régime d'écoulement en chenaux anastomosés. La matrice sableuse rose à ocre est abondante et la formation présente d'assez nombreuses lentilles de sables (sable assez bien trié, mode vers 0,25 mm). A l'Est de Saverne, dans les carrières situées près de l'ancienne voie ferrée (carrières Lotz), elles présentent deux à trois intercalations limoneuses avec de belles plications et involutions liées à des ségrégations de glace pendant les périodes froides du Quaternaire (J. Tricart et R. Raynal, 1969). Dans la carrière septentrionale, J. Tricart (1956) a observé une faille de direction rhénane (N 10° E) décalant les alluvions de plus de 2 m et pense que ce secteur a joué en petit fossé tectonique pendant le dépôt des alluvions. Celles-ci sont recouvertes par deux dépôts de loess séparés par un paléosol, les alluvions étant elles-mêmes affectées par un paléosol épais, arguments utilisés par J. Tricart (1949) pour attribuer ces alluvions au Mindel. Dans les coupes de l'autoroute A34, au Nord-Est de Hochfelden (feuille à 1/50 000 Brumath), nous avons observé le recouvrement de ces alluvions par des loess contenant une faune de Mollusques d'âge mindel (F. Geissert, inédit). L'épaisseur de ces alluvions peut être importante : 18 m aux fermes du Kreuzweg, 14 m au niveau de l'aérodrome de Saverne (sondage 233-3-6). Vers l'aval, les galets de grès deviennent rares (Wilwisheim, Grand Ramsberg). Les alluvions **Fw** paraissent moins épaisses au Nord de la Zorn (4 m dans le sondage 233-4-20 à l'Est de Dettwiller).

Dans la vallée de la Mossig, des alluvions du Mindel n'ont été bien identifiées qu'à la Wangenmuhl.

FwS. Alluvions d'âge mindel : faciès sabléux souvent très remanié. Au Nord de la Zorn, à l'Est de Saint-Jean-Saverne et au Nord de Steinbourg, les alluvions du Mindel sont presque entièrement sableuses. Les passées de galets étant généralement localisées à la base ou au sommet de la masse sableuse. Ce sont des sables provenant de la désagrégation des grès du Buntsandstein (mode vers 0,25 mm). Ils sont assez bien classés, mais ils sont souvent remaniés et mêlés de limons (SoE-Fw). Ils ont une épaisseur de l'ordre de quelques mètres (maximum observé 6 m) (granulométrie des sables FwS remaniés sur le tableau 1).

Fw-x. Alluvions d'âge mindel à riss indéterminé. Au Nord-Ouest de Cosswiller un lambeau d'alluvions contenant d'assez nombreux galets de grès décolorés se situe au même niveau que les alluvions attribuées au Riss. Dans le contexte local, des éléments remaniés des alluvions Fv sont fréquents dans les alluvions du Mindel, rares dans celles du Riss.

Fx. Alluvions d'âge riss probable (Mossig). Entre Allenwiller et Romanswiller et au Sud de Marlenheim, sont conservés plusieurs lambeaux d'alluvions, situés 5 à 10 m au-dessus du cours actuel de la rivière. Elles sont constituées de graviers et de galets de quartz et de galets et petits blocs de grès arrondis, avec localement des passées de sables rouges parfois argileux. Les éléments de grès sont rouges, sans altération apparente pour la plupart. Quelques-uns présentent un mince cortex de déferruginisation. La proportion de galets blanchis, remaniés des cailloutis plus anciens, est extrêmement faible.

Fx-y. Alluvions d'âge riss à würm indifférencié. Entre Saverne et Steinbourg, sur la rive droite de la Zorn, apparaît une basse terrasse à morphologie plus ou moins altérée par l'Homme, située 4 à 5 m au-dessus du cours actuel de la rivière. Cette terrasse est formée par une nappe alluviale constituée de sables et graviers avec de rares passées de sable limoneux brun à noir. Les plus gros galets de quartz et de grès rouge ont une longueur de l'ordre de 8 cm. L'épaisseur de ces alluvions apparaît très variable : 7 m dans le sondage 233-3-2, 11 à 14 m dans le sondage 233-3-4, 3,5 m dans le sondage 233-3-5.

La base de la nappe peut donc se situer très nettement au-dessous du niveau actuel de la rivière (jusqu'à — 10 m). Comme on admet généralement un creusement maximal des vallées à l'époque du Würm, cette nappe pourrait donc avoir un âge wurmien.

Fz. Alluvions holocènes .- Fy-z. Alluvions d'âge würm à holocène .- $\frac{Fz}{Fy}$.

Alluvions holocènes recouvrant des alluvions d'âge würm. Le fond de la vallée de la Zorn est occupé par une nappe alluviale épaisse en moyenne de 4 à 5 mètres. Sa partie supérieure (1 à 3 m) est généralement sablo-limoneuse, parfois riche en matières organiques mais rarement tourbeuse. Ce sont des alluvions holocènes Fz. Sa partie inférieure est constituée de sables et graviers d'origine vosgienne, les plus gros galets ayant une taille de l'ordre de 8 cm. Les alluvions grossières datent vraisemblablement du Würm supérieur (Fy).

Exemples de coupes dans les alluvions $\frac{Fz}{Fy}$ de la vallée de la Zorn; d'amont en aval :

- **Garrebouurg**, en contrebas du plan incliné d'Arzwiller :
 - limon sableux : 0,8 m
 - sables argileux et petits graviers : 0,35 m } (Fz)
 - sables graviers et galets (jusqu'à 8 cm) : 2,20 m (Fy)

- **Stambach :**
 - sable rose avec fragments de grès; galets de quartz et de quartzite : 4 m (Fy-z)
- **Pied de la côte de Saverne :**
 - sable argileux à débris végétaux : 2 à 4 m (Fz)
 - sable gris ou graviers sableux avec galets \leq 8 cm : 2 à 3 m (Fy)
- **Saverne, pont de l'Orangerie sur le canal :**
 - remblai : 6 m
 - argile verte sableuse : 1,70 m (Fz)
 - sables et graviers : 5 m (Fy)
- **Steinbourg, sondage 233-3-1 :**
 - sables à débris végétaux brun à mauve : 2 m (Fz)
 - sables et graviers \leq 7 cm : 3 m (Fy)
- **Dettwiller, sondage 233-3-72 (noté par erreur 3-71) :**
 - argile grise à brune : 1,4 m
 - sable brun à noir : 1,05 m
 - gravier : 2 m (Fz)
- **Dettwiller, sondage 233-3-68 :**
 - remblai : 3,50 m
 - zone tourbeuse : 2,00 m (Fz)
 - sables et graviers : 4,50 m (Fy)
- **Aval de Dettwiller :**
 - limon brun sableux : 1,5 à 3 m (exceptionnellement 4,5 m) (Fz)
 - sables et graviers : 2,5 à 3 m (exceptionnellement 0 à 1 m) (Fy)

Dans la vallée de la Mossig, nous n'avons guère de coupes. Au débouché du défilé du Kronthal, les alluvions de fond de vallée auraient une épaisseur de 8 mètres.

Formations colluviales s.l.

Tz. Tourbières et alluvions tourbeuses. Plaine d'Alsace : le vallon situé au Sud-Ouest d'Ittlenheim est en partie remblayé par une formation de tourbe qui aurait été exploitée de façon artisanale. Son épaisseur est inconnue, vraisemblablement faible.

Domaine vosgien : dans la haute vallée de la Mossig, s'observent deux tourbières d'origine glaciaire. Ce sont des tourbières acides à Sphaignes.

La tourbière du Graffenweiher est une tourbière classique de fond de cirque glaciaire, liée au barrage de l'échancrure du cirque par une moraine et peut-être par un seuil rocheux (surcreusement ?).

Nous avons effectué un sondage au centre de la tourbière :

Profondeur en m	Nature	Pollens d'arbres prédominants
0	tourbe molle	— Sapin, Hêtre, Pin, Bouleau (Coudrier)
2,30	tourbe presque liquide noire,	
3,10	très peu de récupération	— Sapin, Pin, Hêtre, Bouleau (Coudrier)

4,40	tourbe molle	— Pin, Sapin, Bouleau, Coudrier, Hêtre
4,75	tourbe sableuse	— Pin, Bouleau
5,15	sable gris	— Pin, Bouleau, Chêne
5,40	vase gris brun	— Bouleau, Chêne, Pin
5,80	sable gris	— Pin, Chêne, Bouleau
6,05	sable avec lentille de vase grise	— Pin, Chêne, Bouleau.

La succession des associations végétales recueillies dans cette tourbière (détail in G. Farjanel, F. Geissert et F. Ménillet, à paraître) est assez différente du classique diagramme des autres tourbières vosgiennes. Celui-ci donne l'évolution du couvert végétal des Vosges au cours de l'Holocène avec le développement du Pin (Pré-boréal) puis du Coudrier (Boréal), de la Chênaie mixte (Atlantique), la phase transitoire du Sub-boréal, la Hêtraie-Sapinière (Sub-atlantique) et la forêt diversifiée de l'époque historique. Ici, l'association Pin-Chêne-Bouleau pourrait correspondre à la Chênaie mixte. La prédominance du Pin en association avec le Bouleau marquerait le Sub-boréal. Au sommet, la Hêtraie-sapinière apparaît exceptionnellement riche en Pin, Bouleau et Coudrier. Cette présence constante du Pin au cours de l'Holocène est peut-être à l'origine de l'endémisme du Pin de Wangenbourg.

La tourbière des fermes du Schneeberg est également une tourbière à Sphaignes. Elle est beaucoup plus évoluée et très colonisée par les Carex. Elle est apparemment liée au barrage du vallon par la moraine des sources de la Mossig qui masque peut-être un seuil rocheux (surcreusement ?). La profondeur de la tourbière est inconnue.

CFy-z. Dépôts de fonds de vallons, plus ou moins hydromorphes, d'âge würm à holocène. Dans ces vallons, les apports latéraux à partir des versants (colluvions) sont souvent plus importants que les apports longitudinaux (alluvions), qui prennent de plus en plus d'importance en allant vers l'aval. Ces dépôts meubles sont généralement récents. Ils sont parfois un peu plus grossiers à la base (Würm ?) mais leur masse principale est constituée de dépôts fins sablo-limoneux, généralement hydromorphes.

Dans le domaine vosgien et sur sa bordure, ces dépôts sont essentiellement sableux, avec des dragées de quartz dans les parties les plus montagneuses.

Dans le domaine correspondant à la partie orientale de la carte, les fonds de vallons sont essentiellement tapissés de matériaux limoneux remaniés des complexes loessiques.

Les terrassements et sondages effectués lors de la construction de l'autoroute A34 nous ont donné quelques coupes dans ces dépôts. (Dans ces coupes, le mot *argile* désigne vraisemblablement un limon fin un peu argileux) (coupes L.R.P.C.).

- **Vallon de Saint-Jean-Saverne** (Lissgrab), pont D 619/A34 :
 - argile molle, sableuse à la base : 1,30 m,
 - argile gris-vert plastique avec passages tourbeux : 0,10 m,
 - sable gris-vert argileux mou vasard : 0,70 m,
 - argile gris-vert plastique : 0,70 m,
 - sable brun-roux avec galets à la base : 2,10 m.
 Epaisseur de la coupe : 4,90 m.
- **Schalckbaechel** à l'Est de la D. 219 :
 - argile molle : 0,90 m,
 - sable argileux très mou : 1,30 m,

- argile gris verdâtre très molle, passée de sables et de galets : 1,50 m,
 - argile bariolée grise et ocre, feuilletée à débris prismatiques : 1,00 m.
- Epaisseur de la coupe : 4,70 m.

● **Coupe 280 m, plus à l'Est** que la précédente :

- limon sableux gris avec petits galets : 1,00 m,
- argile finement sableuse brune et grise avec quelques débris végétaux : 1,10 m.

Epaisseur de la coupe : 2,10 m.

● **Pont sur le Wisselgraben :**

- argile gris-vert molle : 1,60 m,
- marne argileuse : 1,60 m,
- marne gris-bleu argileuse : 0,60 m.

Epaisseur de la coupe : 3,80 m.

● **Steinbourg** : vallon au Sud-Est du Ramsberg :

- limon sableux brun : 2,00 m,
- sable limoneux gris-rouge : 1,75 m,
- limon sableux : 2,45 m.

Epaisseur de la coupe : 6,20 m.

● **Rosenwiller**, le Baechel (coupes F. Ménillet) :

- limon très argileux à faciès pseudogley : 2,00 m,
- limon très argileux jaune verdâtre à faciès gley (terrain sans aucune tenue, hydromorphe) visible sur : 1,50 m.

● **Gottesheim**, pont sur le Lienbach :

- argile limoneuse grise (passées de sables limoneux à la base) : 2,70 m.

C. Colluvions indifférenciées

CoE. Colluvions loessiques

Ct. Colluvions de matériaux remaniés du Trias

Cy-z. Colluvions d'âge würm à holocène.

Ces diverses formations sont essentiellement limoneuses. Elles sont d'autant plus riches en débris lithiques que les pentes au pied desquelles elles se sont déposées sont plus raides.

TECTONIQUE

La coupure à 1/50 000 Saverne couvre une région située sur la marge occidentale du Fossé rhénan. A la latitude de Saverne, celle-ci comprend cinq éléments d'Ouest en Est : le horst vosgien, le faisceau de la faille vosgienne, le champ de fractures de Saverne, le faisceau de la faille rhénane et le Fossé rhénan proprement dit.

Le horst vosgien est souligné ici par une grande zone d'affleurement des grès du Buntsandstein. Dissymétrique, il apparaît comme le bord relevé de la plate-forme lorraine, brutalement interrompu par la faille vosgienne. Cette bordure n'est pas relevée de façon régulière et présente un point bas dans l'axe de la cuvette de Phalsbourg : le col de Saverne. Si on examine la carte structurale du toit du Conglomérat principal (A. Bordes, 1970), l'axe d'ensellement du massif vosgien passe en réalité un peu au Nord du sommet de la côte de Saverne (N 4) au niveau du vallon de Champagne (passage de l'autoroute A34 et de la Croix de

Langenthal) (Eckartswiller—St-Jean-Saverne). Le toit du Conglomérat s'abaisse jusqu'à l'altitude de 380 m (dans l'axe de la crête).

Au Sud, le massif vosgien proprement dit s'abaisse rapidement du Schneeberg (960 m) jusqu'au col de Saverne. La pente structurale des formations du Buntsandstein suit une direction SE—NW du Schneeberg à Haselbourg. Elle s'infléchit vers une direction S.SE—N.NW en direction de la cuvette de Phalsbourg (direction Obersteigen—Lutzelbourg). Cet abaissement du massif vosgien apparaît très nettement quand on l'observe depuis les hauteurs du Kochersberg. Au Nord du col de Saverne, s'étendent les basses Vosges ou Vosges gréseuses du Nord, très disséquées par le réseau hydrographique (1/50 000 Bouxwiller). L'axe d'ensellement ou axe de la cuvette de Phalsbourg a une direction sensiblement W.NW—E.SE et passe un peu au Nord de la ville (Vesheim—Vilsberg). Les bordures sud-orientales et orientales de la cuvette sont marquées par une fracturation plus importante (maille de l'ordre de 300 à 500 m) avec des failles de direction rhénane (N à N 30° E) à l'exception de la faille des Trois Maisons (N 45° E). Les accidents sont souvent jumelés en formant de petits grabens, plus rarement de petits horsts. Les jeux des failles dans le sens vertical ont été au maximum de l'ordre de 25 mètres. De part et d'autre de cette zone très fracturée, apparaissent des accidents de direction N 130° à N 150° E : failles de Garrebou au Sud, failles de la Petite-Pierre au Nord. P. Ham (1967) a étudié l'orientation et la répartition des diaclases dans les Vosges gréseuses. Au Sud de l'ensellement de Saverne, il a distingué un système « radiaire » avec des diaclases orientées N 5° à N 76° E (rayon 10 km environ) et un système « concentrique » avec des diaclases orientées N 120° à N 172° E. Le système radiare paraît lié à des mouvements de blocs (tendance à la rotation). Dans l'ensellement de Saverne, les directions principales des diaclases (N 20° à N 45° E) sont les mêmes que celles du réseau de failles. La maille de fracturation en diaclases est en général de l'ordre de quelques mètres (1 à 20 m). Les diaclases jointives sont les plus nombreuses.

Le faisceau de la faille vosgienne limite à l'Ouest le Fossé rhénan *s.l.* D'une largeur maximale de 500 m, il est constitué par une série de failles normales plus ou moins parallèles à regard est, totalisant dans ce secteur une dénivelée de l'ordre de 400 m (300 m à Obersteigen). La direction d'ensemble du faisceau varie du Sud au Nord (N 170° E à N 25° E), en liaison avec la forme en croissant du champ de fractures de Saverne. Le faisceau de la faille vosgienne n'a pas été le siège de mouvements uniquement verticaux ; des stries horizontales indiquant des mouvements décrochants sénestres s'observent un peu partout.

Le champ de fractures de Saverne forme une sorte de palier intermédiaire entre le horst vosgien et le Fossé rhénan proprement dit. Il a la forme d'un secteur circulaire, presque celle d'un croissant allongé du S.SW au N.NE, avec une longueur de 90 km et une largeur maximale de 20 km. C'est le plus étendu des champs de fractures qui bordent le Fossé rhénan. Sa structure interne en horsts et grabens secondaires avec des failles normales souvent obliques trahit sa parenté avec le Fossé rhénan *s.s.* Ayant conservé des dépôts d'âge éocène moyen identiques à ceux du centre du fossé, il représente la partie occidentale d'un Fossé rhénan primitif, d'âge éocène moyen, ayant résisté à l'effondrement à partir de l'Eocène supérieur. Ainsi, il a été exclu du domaine à sédimentation tertiaire rhénane caractéristique.

Comme dans la plupart des autres champs de fractures de la bordure occidentale du Fossé rhénan, on observe un plongement d'ensemble du S.SW vers le N.NE, de la région de la forêt de la Mossig à celle de Dettwiller et de Bouxwiller (*cf.* bloc-diagramme de G. Hirlemann *in* notice à 1/50 000 Colmar-Artolsheim). Le découpage par failles est relativement lâche, avec de nombreux compartiments en forme de lanières ou de flammes. Le plus souvent, les compartiments présentent un pendage est plus ou moins accusé. Ce n'est pas une

règle absolue. Dans la région de Wasselonne, ressort une structure positive relativement importante, plongeant vers le Nord : le horst de Wasselonne ou horst du Kochersberg. F. Bruchner (1977) y a observé des stries horizontales indiquant des mouvements sénestres pour les failles de direction N.NE à NE et dextres pour une faille sensiblement normale à cette direction (couples de faces de cisaillement complémentaires). Le horst du Kochersberg se termine en fuseau vers le Sud entre le graben de Wasselonne et celui de Balbronn (Westhoffen).

Le faisceau de la faille rhénane occidentale suit une ligne Ittlenheim—Nordheim—Kirchheim. C'est la grande faille qui limite à l'Ouest le Fossé rhénan s.s. Aucun sondage profond n'ayant été effectué dans le secteur de l'Ackerland voisin, nous ne connaissons pas la valeur de son rejet dans ce secteur ; il est de l'ordre de plusieurs centaines de mètres. Deux tronçons peuvent être distingués dans cette partie de la faille rhénane. D'Ittlenheim à Nordheim, le faisceau constitué le plus souvent de grandes failles normales plus ou moins parallèles, et vraisemblablement obliques, est localisé au pied de l'escarpement du haut Kochersberg. Leur direction est N 30° à N 45° E. Au Sud-Ouest de Nordheim, la faille qui limite à l'Est le horst de Wasselonne, prend le relais, dans la morphologie, de la faille rhénane. Celle-ci prend une direction N 15° E et comme elle ne met plus en contact que des formations tendres (argilites du Keuper contre marnes oligocènes), elle n'apparaît plus dans la topographie.

Le Fossé rhénan proprement dit n'est représenté que dans l'angle sud-est de la feuille. Il est caractérisé par son remplissage de marnes oligocènes, en grande partie masquées par une couverture de loess. Bien qu'il soit aussi hachuré de failles que le champ de fractures de Saverne, sa structure n'apparaît pas ici car nous n'avons aucune information sur la structure profonde de cette partie de l'Ackerland.

Évolution tectonique de la région

La physionomie cartographique de la feuille Saverne ne laissant apparaître que des formations de la couverture sédimentaire post-hercynienne, la direction tectonique hercynienne majeure N 60° à N 70° E n'apparaît pas. On peut en déduire qu'elle n'a guère conditionné la paléogéographie des dépôts secondaires. Peut-être a-t-elle joué un rôle dans la genèse de certains seuils (au Lias par exemple) et dans la déformation de la surface pré-tertiaire (J. Schirardin, 1953) ? Cependant, il ne faut pas oublier que la grande direction de fracturation rhénane est probablement héritée de la grande direction de fracturation tardi-hercynienne en N 20° à N 40° E.

Les premières manifestations du grand mécanisme de distension, qui sera à l'origine du Fossé rhénan, nous sont indiquées par des émissions basaltiques (*) d'âge crétacé supérieur (Lippalt et al., 1974). Les premiers dépôts tertiaires datés, d'âge lutétien moyen, n'indiquent pas une subsidence importante mais montrent que le champ de fractures de Saverne faisait partie d'un Fossé rhénan primitif limité à l'Ouest par la faille vosgienne. A l'Eocène supérieur, s'individualise le Fossé rhénan proprement dit, la distension entraînant un jeu d'effondrement très actif en basse Alsace jusqu'au début du Miocène (Aquitainien). Peu active au Néogène, la tectonique d'effondrement rhénane se manifeste encore au Quaternaire, en particulier dans la région des Rieds (basse plaine rhénane). Pour le horst de Wasselonne et ses abords, F. Bruchner (1977) distingue trois phases :

- des mouvements anciens réactivés : glissements sur diaclases N.NE à NE ;
- décrochements d'âge pliocène supérieur ou quaternaire ancien, selon des failles anciennes ;
- mouvements verticaux pléistocènes.

(*) En dehors du domaine couvert par la carte Saverne.

H. Vogt (inédit) distingue des mouvements d'ensembles individualisant des panneaux affaissés successivement vers l'Est avec :

- le long de la faille vosgienne, un jeu pré-quaternaire (Pliocène ?) (Quaternaire ancien pour J. Tricart, 1956) ;
- le long de la faille rhénane, un rejeu après le dépôt des alluvions du Quaternaire ancien (cf. altitude des cailloutis d'Odratzheim par rapport aux alluvions Fv de Cosswiller) ;

et des mouvements locaux dans ce cadre au niveau du horst de Wasselonne où il démontre (H. Vogt, 1967) un jeu positif du horst de l'ordre de 50 à 60 m par rapport aux grabens avoisinants. Dans la région de Saverne, J. Tricart (1956) a observé une faille d'au moins 2 m de rejet affectant les alluvions du Mindel.

OCCUPATION DU SOL

SOLS, VÉGÉTATIONS (*) ET CULTURES

Les grandes unités géologiques apparaissent nettement individualisées dans le paysage. C'est que le sous-sol a joué un rôle fondamental dans sa composition. La structure géologique a dirigé la genèse du relief et de la morphologie. La nature géologique des diverses formations recoupées par la surface topographique a déterminé pour une large part les propriétés et les caractéristiques des sols auxquels elles ont donné naissance.

Nous distinguons donc :

— le plateau de Phalsbourg dont l'aire presque entièrement défrichée correspond à la zone d'affleurement des formations du Muschelkalk inférieur et, pour une faible part, du grès à *Voltzia* ;

— le domaine vosgien sur les formations gréseuses du Buntsandstein, à caractère montagnard, qui est le domaine exclusif de la forêt, éclaircie seulement dans les zones d'habitat ;

— le champ de fractures de Saverne où s'opposent deux domaines, l'un boisé, au Sud-Est (forêt de Westhoffen et forêt de la Mossig) qui, par son substrat gréseux, s'apparente au domaine vosgien, l'autre, très étendu et en grande partie recouvert de limons loessiques, est presque entièrement cultivé ;

— l'*Ackerland*, au Sud-Est, avec une épaisse couverture de loess, riche terroir agricole.

Le plateau de Phalsbourg a une morphologie faiblement ondulée à parties subhorizontales et surfaces à pentes faibles à moyennes. Ce léger relief et le pendage général des couches vers le Nord-Ouest, plus ou moins perturbés par la tectonique, amènent à l'affleurement les différentes couches du Muschelkalk inférieur. De composition variable entre un pôle gréseux, un pôle dolomitique et un pôle de silt argileux, celles-ci ont donné par altération des sols bruns de textures assez variées, carbonatés ou non, argileux ou limoneux, parfois un peu lessivés. Selon leur texture et leur situation topographique, ils sont plus ou moins bien drainés ou engorgés. La qualité du drainage naturel conditionne dans l'ensemble la répartition des cultures et des prairies. La végétation potentielle est une Hêtraie-Chênaie à Charme. Sur les limons d'altération, totalement dépourvus de carbonates, se sont généralement développés des sols bruns acides, marmorisés en conditions hydromorphes. Tous ces sols ont été plus ou moins modifiés pour les pratiques culturales.

(*) La plupart des espèces végétales citées pourront être examinées au jardin botanique de Saverne (côte de la N 4 sous le col de Saverne).

Dans le domaine vosgien, la nature du sous-sol a eu un rôle important dans la différenciation des sols. Le Grès vosgien, le Conglomérat principal et leurs produits de désagrégation sur les versants, presque exclusivement sableux ou sablo-caillouteux, sont les roches-mères de sols ocre podzoliques et de sols podzoliques. L'association végétale typique de ces sols est la Hêtraie-Sapinière à Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*) et *Luzula albida* accompagnées de la Myrtille (*Vaccinium myrtillus*) dans les sites les plus secs. Les Couches de Senones, les Couches intermédiaires et le Grès à *Voltzia*, plus ou moins argileux, avec une couverture superficielle sablo-argileuse et à teneur sensible en minéraux ferro-magnésiens, sont les roches-mères de sols bruns oligotrophes ou acides selon l'altitude ou l'exposition. La Hêtraie-Sapinière à *Festuca silvatica* s'accommode des sols bruns acides; des sols bruns oligotrophes sont souvent recouverts d'une strate herbacée à *Millium effusum*.

Vers le Nord, à partir de la vallée de la Zorn, le Hêtre devient le constituant essentiel de la forêt. Le Sapin n'est plus représenté que de façon épisodique, la limite naturelle de l'espèce vers le Nord, ainsi que celle de la Digitale (*Digitalis purpurea*) se situant un peu au Nord du col de Saverne (vallée de la Zintzel du Sud, 1/50 000 Bouxwiller, E. Walter, 1939). L'Homme a favorisé le Sapin et surtout l'Epicéa, introduit aux dépens du Hêtre. Le caractère atlantique de la végétation est particulièrement marqué. Notons, par exemple, l'existence d'une Fougère : *Asplenium lencealatum* à caractère spécifiquement atlantique dans le haut bassin de la Zorn. Les tourbières acides à Sphaignes, avec leur végétation caractéristique (*Drosera, Eriophorum*), ne sont développées que dans les anciens sites glaciaires des fermes du Schneeberg et du Graffenweiher. Le souvenir des anciens chaumes du Schneeberg, derniers témoins vers le Nord de l'association végétale des hauts sommets des Vosges, est indiqué par quelques clairières à *Arnica montana* et *Leontodon pyrenaicum*.

Dans le champ de fractures de Saverne, on peut distinguer plusieurs ensembles.

Au Sud, le domaine boisé des forêts de la Mossig et de Westhoffen, à caractère vosgien de moins en moins accusé vers l'Est, présente toute une gamme de sols, allant des sols podzoliques aux sols bruns calcaires, en relation directe avec la nature des roches-mères. Dans la forêt de la Mossig, on retrouve les deux catégories de sols mentionnées pour les Vosges gréseuses :

— des sols de la série podzolique : sols ocre podzoliques et sols bruns ocreux, avec une Hêtraie-Sapinière à Canche et Myrtille, dans le domaine d'affleurement du Grès vosgien et du Conglomérat principal. Cependant, sur de larges surfaces, des plantations de Pins occupent ces sols, en particulier dans les anciennes pâtures abandonnées au siècle dernier et envahies par une bande à Callune, Canche et Myrtille avant d'être converties en forêt. Dans les sols les plus filtrants (hauts de versants exposés au Sud), l'évolution des sols a localement atteint le stade de podzol. Dans ces stations, le Pin de Wangenbourg est accompagné par la Canche, la Myrtille, la Callune et une mousse : *Leucobryum glaucum*;

— des sols bruns acides sur les grès des Couches intermédiaires et sur le Grès à *Voltzia* avec une Hêtraie-Sapinière à *Festuca silvatica* (vallon de Diebach au Sud de Cosswiller, forêt de la ville de Strasbourg, groupe au Sud-Ouest de la maison forestière du Bischoflaeger). Dans la forêt de Westhoffen (en particulier sur t3c au Nord-Est de la maison forestière du Geissweg), les sols bruns calciques (anciens sols calcaires décalcifiés) sont bien représentés. Des sols bruns calcaires se sont développés sur des formations du Muschelkalk moyen (vallon au Sud de Brechlingen). En allant sur le sommet de l'Elschberg, le lecteur pourra observer, sur les formations calcaires du Muschelkalk supérieur, des rendzines plus ou moins brunifiées, pâle calcaire de cette série de sols.

Bien que tapissé de nombreux matériaux remaniés du Grès vosgien, le

piedmont vosgien, au Nord du ruisseau de Klingenhalt, présente des sols dans l'ensemble peu évolués, en raison d'apports colluviaux incessants. Il est presque entièrement cultivé. Par contre, le Tannenwald, sur Grès à *Voltzia* et Grès coquillier, a des sols en voie de dégradation (podzolisation) en raison de plantations très anciennes en Epicéa.

Dans les collines calcaires des environs de Wasselonne, sur des formations carbonatées du Muschelkalk moyen, du Muschelkalk supérieur et de la Lettenkohle, les sols bruns calcaires prédominent. Ils alternent avec des rendzines, sur les calcaires subaffleurants, et des sols bruns sur les zones entièrement décalcifiées. On y retrouve les associations caractéristiques des formations calcaires des collines sous-vosgiennes, un peu appauvries en espèces par rapport aux collines de la région de Molsheim mais avec en plus quelques espèces de la prairie mésophylle. Parmi les espèces caractéristiques, citons *Bromus erectus*, *Salvia pratensis*, *Euphorbia cyparissias*, *Koeleria cristata*, *Gallium verum*, *Globularia*, *Hepatica triloba*, *Lithospermum purpureo-coerulea* et *Anemona pulsatilla*. Sur les rendzines de l'Elschberg poussent *Hippocrepis comosa*, *Fryngium campestre*, *Gentiana ciliata* et de nombreuses Orchidées.

La bande d'affleurement des formations du Keuper, bien développée de Schwenheim à Jetterswiller, comprend essentiellement des pélosols, plus ou moins brunifiés dans la tranche cultivée. Ces sols sont généralement pelliculaires, l'altération pénétrant peu en profondeur, des argiles gonflantes à l'humidité (minéraux argileux interstratifiés) rendant les argiles silteuses, quasiment imperméables et compactes en surface. Les parties déprimées sont occupées par des prairies. Certains versants sont cultivés (plantes fourragères principalement).

Notons l'existence de quelques bois sur les formations du Keuper supérieur (t9) : coteau de Dettwiller, environs de Waldolwisheim, Ouest de Steinbourg. Sur un sol calcaire à marmorisations, la strate arborescente est constituée par le Hêtre, le Chêne pédonculé et le Charme, et éventuellement un Erable (*Acer campestre*). En sous-bois, prospère *Brachypodium pinnatum*, *Hedera helix* et en station humide la Molinie (*Molinia coerulea*).

Dans le domaine d'affleurement des formations liasiques s'observent des sols bruns calcaires ou décalcifiés avec des prairies et des vergers dans les sites les plus humides, de la vigne et quelques cultures dans les parties bien drainées.

La couverture limoneuse du complexe loessique atypique du champ de fractures de Saverne (Unterkochersberg), bien que constituée de loess très altérés, comprend en surface des sols relativement peu évolués, en raison de la vigueur relative de l'érosion et du colluvionnement (relief ondulé). Sur les croupes, les horizons décalcifiés (lehm) ont souvent été entièrement érodés, mettant à nu des loess plus ou moins calcaires. Les sols, de type brun à brun calcaire, conviennent à la polyculture céréalière. Les zones déprimées hydromorphes sont utilisées en prairies sauf quand elles sont trop humides et abandonnées à l'association relativement diversifiée du point de vue écologique à *Phragmites communis* (Phragmitaie).

Sur les alluvions anciennes à matériaux d'origine essentiellement vosgienne, se sont développés des sols acides. Les bois de Steinbourg et de la Faisanderie ainsi que la forêt du Kreuzwald sont établis sur des sols bruns lessivés acides, très filtrants. Ils sont constitués par une Chênaie-Charmaie ou des plantations de Conifères. En sous-bois, la Canche flexueuse, la Luzule blanchâtre, la Myrtille et le Chèvrefeuille (*Lonicera periclymenum*) sont fréquents.

Le fond de la vallée de la Zorn en aval de Saverne et celui de la basse vallée de la Mossel sont occupés par des sols acides à structure compacte développés sur des alluvions hydromorphes sablo-limoneuses. Ils sont sujets aux inondations, la Zorn occupant souvent son lit majeur.

Le fond de la vallée de la Mossig en aval de l'ancienne Forge, la vallée du Mosselbach de Reinhardtmunster à Saverne et le vallon d'Allenwiller ont des sols

hydromorphes à gley ou pseudogley développés sur des alluvions plus ou moins argileuses et calcaires.

Dans l'Ackerland, le plateau de loess, domaine de sols bruns calcaires ou plus souvent décalcifiés (lehm) est couvert de cultures céréalières. Les dépressions, dans leurs parties les plus humides à sols plus ou moins hydromorphes (pseudogley), sont occupées par des prairies. Dans la zone d'affleurement des marnes oligocènes, prairies, vergers et cultures alternent. La croupe empruntée par la D. 225 est largement recouverte de vignes.

Pour plus de détails concernant la végétation de la région, le lecteur pourra consulter les travaux de M. Hoff (1978), E. Kapp (1959) et E. Walter (1938 et 1950).

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. Etant 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.

Sur le plateau de Phalsbourg, les formations d'altération étant dans l'ensemble peu épaisses, les conditions géotechniques proviennent le plus souvent directement des propriétés de la formation subaffleurende. A court terme, la plupart des assises ont une cohérence suffisante pour assurer une bonne tenue, les Couches à Myacites étant la formation la moins cohérente. A long terme, elles sont gélives. Pour les terrassements, les niveaux de grès massif peuvent poser quelques problèmes. Au Nord de Phalsbourg, les travaux de terrassement de l'autoroute A34 ont été gênés par un niveau à miches de grès. La région est traversée par d'assez nombreuses failles.

Dans le domaine vosgien, deux principaux types de matériaux sont à considérer : les grès en place et les formations superficielles à blocs. Recoupant les trois principales formations du domaine vosgien : le Grès vosgien, le Conglomérat principal et les Couches intermédiaires, la tranchée de l'autoroute A34 a permis de faire de nombreuses observations d'un point de vue géotechnique. R. Humblot (1977) y a effectué une étude comparative des trois formations. Dans ses conclusions, ressort l'importance de la représentativité de l'échantillonnage, malgré l'apparence relativement homogène de ces formations. Il indique que « les liaisons entre les grains sont responsables de la résistance mécanique, à la compression aux chocs ainsi qu'à l'attrition et la porosité n'intervient que dans la sensibilité à l'eau où des phénomènes, tels que la pression interstitielle et le gonflement des argiles, sont mal appréciés ».

L'extraction sera donc d'autant plus difficile que le degré de cimentation du grès est important. Les niveaux meubles sableux, silteux ou argileux pourront occasionner des difficultés de stabilité de pente, surtout quand ils sont hydromorphes (cas fréquent dans la partie inférieure des Couches intermédiaires) et que les bancs de grès sont très fracturés et diaclasés.

En surface, les grès sont plus ou moins disloqués et recouverts sur les versants par une formation superficielle sableuse à blocs. Celle-ci est très sensible aux eaux de ruissellement et elle est très souvent hydromorphe en bas de versant.

Le champ de fractures de Saverne apparaît comme une mosaïque de terrains aux propriétés très variées. Ils sont souvent délimités par des failles dont la

position précise doit être vérifiée à l'échelle du chantier. La plupart de ces failles ne sont pas verticales mais obliques, plongeant en direction du côté abaissé (failles normales). Nombre d'entre elles sont des failles ouvertes avec un remplissage varié. Pour les grès du Buntsandstein, nous renvoyons le lecteur au paragraphe précédent et pour les formations du Muschelkalk inférieur, à celui concernant le plateau de Phalsbourg. Indiquons, en outre, la mauvaise tenue du grès argileux au sommet du Buntsandstein. Les argiles silteuses et les marnes du Muschelkalk moyen peuvent être hydromorphes en surface. Ces formations peuvent contenir du gypse ou de l'anhydrite et leur stratification peut être perturbée par la dissolution de ces substances. Massifs, le Calcaire à entroques et le Calcaire à Térébratules peuvent poser des problèmes de terrassement. Ils peuvent être karstifiés et renfermer des cavités insoupçonnables en surface. Les assises de la Lettenkohle inférieure sont souvent altérées, tandis que celle de la Lettenkohle moyenne n'ont guère de tenue et peuvent être hydromorphes. Pour les formations du Keuper, les conclusions de M. Durand et *al.* (1977) peuvent être appliquées à la région. Ces auteurs soulignent la grande dispersion des paramètres mesurés qui traduit l'hétérogénéité de composition des « marnes » du Keuper (variation de la granulométrie de la partie détritique : sables fins, silts plus ou moins fins, argiles ; variation de la teneur en carbonates). « Le matériau intact a une bonne compacité et se présente en général sous forme d'argile indurée ou de marne cimentée par des carbonates ou de l'anhydrite ». Cependant, « la décomposition consécutive à l'érosion (ou aux terrassements) produit une altération mécanique... qui se traduit en premier lieu par la formation de nouveaux réseaux de diaclases parallèles et obliques par rapport au litage ». « La dissolution des sulfates survient assez rapidement dès que la fissuration rend les circulations d'eau possibles ». A proximité des zones d'affleurement, les sulfates sont généralement dissous et le litage de la formation est complètement perturbé. Souvent bonne au moment des terrassements, la tenue de ces terrains se dégrade rapidement et inéluctablement avec le temps. En surface, ils peuvent être hydromorphes. Souvent compactes, les marnes du Lias perdent aussi très rapidement leurs propriétés, à la suite d'une simple décompression. Altérées, elles n'ont aucune tenue et elles sont généralement hydromorphes.

Les formations superficielles de versant limono-argileuses ou sablo-limoneuses et les limons du complexe loessique du champ de fractures de Saverne n'ont le plus souvent guère de tenue. Ils sont généralement hydromorphes dans leur partie inférieure où une nappe d'eau plus ou moins temporaire peut se former, leur substrat argileux ou marneux étant très peu perméable. Ils sont sujet à des glissements en masse, même sur des talus à faible pente.

Les alluvions anciennes, lorsqu'elles sont homogènes et riches en graviers, constituent des assises de fondation relativement bonnes. Il peut être nécessaire de drainer ou de décaper les lentilles ou bancs de limons intercalés dans les alluvions qui peuvent retenir une nappe aquifère temporaire. Quand elles sont sableuses, elles sont très sensibles à l'affouillement par les eaux de ruissellement et elles perdent leur tenue quand elles sont hydromorphes.

Sableuses, limoneuses ou argileuses et hydromorphes, les alluvions de fond de vallée sont de très mauvaises assises de fondation et n'ont aucune tenue lors des terrassements.

Dans le domaine de l'Ackerland, en dehors des alluvions de fonds de vallées, le maître d'oeuvre rencontrera quatre principaux types de matériaux : les loess wurmiens, les loess anciens, les marnes oligocènes et les colluvions loessiques. Les loess wurmiens sont généralement secs et très poreux et ont une tenue relativement bonne lors des terrassements. Cependant, ils ont une très grande sensibilité au gel, aux variations de teneur en eau et ils sont très rapidement affouillés par ravinement. Leur résistance mécanique est faible et ils peuvent être à l'origine de tassements. Ils n'ont aucune tenue à moyen terme, sauf en talus à

faible pente avec une végétation appropriée. Plus compacts, les loess anciens sont souvent hydromorphes. Leurs propriétés en talus et en fondation sont médiocres. Généralement compacts lorsqu'elles sont saines, les marnes oligocènes perdent rapidement leurs propriétés à la suite d'une décompression. Altérées, elles sont souvent hydromorphes et n'ont guère de tenue. Elles renferment des lentilles sableuses (molasse) avec parfois des dalles de grès généralement peu cimentées. Les colluvions loessiques sont généralement meubles et ont des caractéristiques très mauvaises pour les talus et fondations quand elles sont hydromorphes.

Problème du réemploi des matériaux

Seuls les grès, les calcaires et les alluvions graveleuses sont facilement réutilisables. Les autres matériaux sableux, limoneux, argileux ou marneux ne peuvent être réemployés que dans certaines conditions : compactage efficace, en sandwich avec d'autres matériaux, avec une protection efficace contre les eaux d'infiltration...

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Les formations gréseuses du Trias inférieur assurent l'alimentation en eau des collectivités et des industries situées dans le périmètre de la feuille Saverne à l'exception de l'extrême nord-est où une dizaine d'agglomérations sont alimentées à partir de captages en nappe alluviale (feuille Brumath). Dans la partie sud-est de la feuille, les ressources de ces formations contribuent même à l'alimentation de nombreuses localités des feuilles Brumath et Molsheim desservies par les syndicats AEP du Kochersberg et du Kronthal.

Les petites communes situées dans la zone d'affleurements des formations gréseuses ou à proximité immédiate couvrent leurs besoins en eau par des captages relativement proches du lieu de consommation. Les petites villes comme Saverne et Phalsbourg ainsi que les communes des collines sous-vosgiennes, groupées en syndicats AEP, ont recours à des captages éloignés d'une dizaine de kilomètres. Dans ces communes et dans des fermes isolées, il subsiste quelques captages sollicitant les assises calcaires du Muschelkalk.

Les formations gréseuses du Trias inférieur, qui recouvrent une grande partie de la feuille souvent sur des épaisseurs importantes, permettent l'infiltration d'une partie des eaux météoriques et la constitution de ressources importantes exploitées par de nombreux captages de sources et une quinzaine de forages.

Sources

Elles émergent sur toute l'étendue des formations gréseuses et à tous les niveaux, mais leur importance varie selon leur situation :

- les sources perchées, de faible débit en général, apparaissent à flanc de collines à la faveur d'interstratifications d'horizons moins perméables ou de diaclases. Elles sont fréquentes à la base des Couches intermédiaires et dans la partie supérieure du Grès vosgien;
- les sources de fond de vallées en tant qu'exutoires de nappes plus étendues ou de la nappe générale qui imprègne le massif gréseux ont des débits plus importants pouvant atteindre une dizaine de l/s.

Les eaux de ces sources sont caractérisées par leur faible minéralisation, une dureté inférieure à 10° F, un pH voisin de 6 et la présence de CO₂ agressif.

Les captages se trouvent en général groupés dans un même vallon dans lequel

toutes les émergences disponibles sont sollicitées; ainsi la ville de Saverne est en partie alimentée par une trentaine de captages situés dans trois vallons du massif gréseux qui s'étend au Sud-Ouest de la ville.

Presque toutes les émergences tant soit peu intéressantes pour l'alimentation en eau potable ont ainsi été captées, souvent à des distances importantes des lieux de consommation.

Forages

L'augmentation des besoins a conduit à la recherche de nouvelles ressources par des forages sollicitant la nappe générale du massif gréseux à l'Ouest de la faille vosgienne ainsi que celles des affleurements gréseux du champ de fractures de la partie sud-est de la feuille.

Ouest de la faille vosgienne

Le forage de Sparsbrod (1-7), profond de 121 m et artésien lors de l'exécution, fournit un débit de 40 m³/h au syndicat de Wintersbourg en Moselle.

Au Nord-Est de Lutzelbourg, un forage d'une centaine de mètres de profondeur (1-1) renforce l'alimentation de Phalsbourg à raison de 25 m³/h.

A Phalsbourg même, un industriel a réalisé un forage (1-163) de 286 m, exploitant la nappe du Grès vosgien à partir de — 180 m à un débit de 30 m³/h.

La ville de Saverne sollicite la nappe générale du massif gréseux par un ancien forage à Stambach et trois ouvrages plus récents à proximité de la faille (81, 109 et 124 m de profondeur). Les deux forages les plus profonds (2-32 et 33) fournissent un débit de 60 m³/h pour un rabattement de 25 et 30 mètres.

Les caractéristiques hydrodynamiques des formations gréseuses sont très variables, en fonction du degré de fissuration des terrains aquifères et de la texture des niveaux traversés par les ouvrages : les perméabilités sont de l'ordre de 1 à 8.10⁻⁵ m/s, les débits spécifiques, de 0,5 à 4 m³/h/m. La qualité des eaux pompées est celle des sources : très douce, peu minéralisée, agressive. Le forage industriel de Phalsbourg qui capte la nappe sous couverture du Muschelkalk fait toutefois exception : la dureté y atteint 22° F, le pH 7,65.

La vallée de la Zorn, à l'Ouest de la faille, où la nappe est subaffleurante parfois en charge sous les alluvions, permet l'implantation d'autres forages destinés au renforcement des réseaux AEP.

Secteur du champ de fractures

Le syndicat du Kronthal exploite l'aquifère du horst gréseux à l'Ouest de Marlenheim par trois forages de 30, 60 et 120 m de profondeur à des débits de l'ordre de 50 m³/h; un quatrième forage en cours d'exécution (8-95) exploitera la nappe sur 150 m de puissance à un débit voisin de 100 m³/h. La qualité des eaux du horst du Kronthal est différente de celle de la nappe générale à l'Ouest de la faille vosgienne : pH 7,15 à 7,3, dureté voisine de 25° F, chlorures entre 60 et 90 mg/l, sulfates entre 20 et 30 mg/l.

Le syndicat du Kochersberg est partiellement alimenté par deux forages, exécutés près de Cosswiller (7-2 et 20) dans les Couches intermédiaires qui fournissent une eau douce (dureté 8,4° F) à teneur minime en chlorures et sulfates.

La commune de Westhoffen a renforcé son alimentation par deux forages au Grès vosgien. Le plus récent (7-15), profond de 200 m, révèle une très faible perméabilité de l'aquifère (4,7.10⁻⁶ m/s), une dureté de 30° F due à la proximité d'affleurements du Muschelkalk.

Des études hydrogéologiques détaillées devraient permettre l'implantation d'autres forages de renforcement dans le secteur sud du champ de fractures.

Sources minérales

Source de Romanswiller. Une source débitant 17 l/minute est captée à l'aide d'un puits de 15 m de profondeur dans les Grès vosgiens. L'eau de type bicarbonaté calcique ne contient que 200 mg/l de sels solubles à 105° et une forte teneur en fer : 1,6 mg/l.

SUBSTANCES MINÉRALES NON MÉTALLIQUES

Dans le cadre de la feuille Saverne, l'industrie extractive est très limitée. Seuls des matériaux calcaires pour chaux et ciment et des sables et graviers sont actuellement exploités.

Pierres de construction, dalles et pierres de bordure

Dans la région, cette industrie est localisée au Nord de Phalsbourg (feuille à 1/50 000 Bouxwiller) où plusieurs carrières sont ouvertes dans le Grès à *Voltzia*. Anciennement, ont été utilisés le Grès vosgien, les calcaires du Muschelkalk supérieur, les bancs durs du Calcaire à Gryphées et le calcaire oolithique du Bajocien supérieur. La zone d'affleurement du Grès à *Voltzia* est truffée de carrières abandonnées.

Matériaux de viabilité

Les sables et graviers des alluvions anciennes de la Zorn ont été activement exploités à l'Est de Saverne et à l'Ouest de Dettwiller. Plusieurs exploitations dynamiques subsistent. Certains niveaux du Muschelkalk supérieur (Calcaire à entroques et Calcaire à Térébratules) ou du Buntsandstein supérieur (Grès à meules) sont susceptibles de fournir des matériaux durs.

Matières premières industrielles

Le gypse du Keuper inférieur a été exploité en galeries à Kuttolsheim, Willgottheim, Avenheim et Neugartheim. La dernière exploitation (entre Willgottheim et Wintzenheim-Kochersberg) a été abandonnée il y a quelques années. La couche principale avait 2 m d'épaisseur (F. Firtion, 1952 a et b).

Les marnes et calcaires des Couches à Cératites sont exploités à une échelle industrielle à Wasselonne pour chaux et ciment. Cette industrie paraît en voie de développement. Anciennement, les marnes et calcaires à Gryphées ont été exploités pour chaux et ciment hydrauliques. Notons que les calcaires à grain fin du Muschelkalk supérieur furent utilisés pour la fabrication de billes (jeu de billes) à Wasselonne.

Matériaux argileux

Parmi les formations du Lias inférieur à moyen, les argiles d'Obermodern ou Marnes à ovoïdes (I 6) sont actuellement exploitées dans la région à Mutzenhousse (feuille à 1/50 000 Brumath-Drusenheim) et à Lixhausen (feuille à 1/50 000 Bouxwiller) pour l'industrie céramique (tuiles et briques). Cette formation assez épaisse s'étend assez largement dans la partie nord-est du territoire couvert par la feuille. Les limons loessiques (SOE, voir composition minéralogique sur tableau 1) ne sont plus exploités depuis longtemps.

GITES MÉTALLIFÈRES

Il existe, dans le cadre de la feuille Saverne, un seul gîte métallifère anciennement exploité, celui de Westhoffen, où quatre mines furent ouvertes pour argent, à partir de 1492, aux lieux-dits le Geierstein (7-4001) et Hinsch

(Silberguebel, 7-4002). On ne connaît pas les chiffres de production de cette exploitation qui aurait duré plusieurs décennies, mais on sait qu'il existait plusieurs fonderies à Hinsch. Le minerai était certainement de la *galène argentifère* remplissant des cassures dans les calcaires du Muschelkalk partiellement transformés en jaspéroïdes; de la *barytine* y était associée, ainsi que des croûtes de *céruosite*.

Le minéral de gangue est, lui, très abondant dans toute la région (avec traces éventuelles de galène), en particulier à Harlenheim et à Wasselonne où il peut être accompagné par des minéraux oxydés de cuivre (chessylite et malachite).

Un filon d'hématite brune a été signalé à Wangenbourg et les prospections du B.R.G.M. ont mis en évidence quelques indices alluvionnaires d'or natif et de cassitérite, provenant, comme ailleurs, des Grès vosgiens du Trias inférieur.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

AFFLEUREMENTS ET ITINÉRAIRES POUR EXCURSIONS GÉOLOGIQUES

Les itinéraires 2, 3 et 4c du *Guide géologique régional : Vosges-Alsace* (Eller J.-P. von et *al.*, 1976, deuxième édition à paraître 1979, Masson éd.) intéressent la feuille Saverne.

Parmi les principaux affleurements, citons :

Les affleurements des Couches de Senones (**t1a**), le long de la route panoramique à Engenthal. La tranchée de l'autoroute A34 dans le vallon de Champagne donne une coupe spectaculaire dans le Grès vosgien, le Conglomérat principal et les Couches intermédiaires, décalés par plusieurs failles.

Affleurement classique du Conglomérat principal au château du Haut-Barr, site touristique au Sud-Est de Saverne.

La nouvelle route passant au-dessus du plan incliné d'Arzwiller donne de très bonnes coupes dans les Couches intermédiaires.

Entre Phalsbourg et Lutzelbourg, une ancienne carrière (dépôt Ponts-et-Chaussées) donne encore une bonne coupe dans le Grès à *Voltzia*.

Au Sud et au Nord-Ouest de Salenthal, deux carrières abandonnées exposent le Calcaire à entroques.

La carrière du Four à chaux à Wasselonne donne une coupe dans la partie supérieure des Couches à Cératites, le Calcaire à Térébratules, la Lettenkohle inférieure et la Lettenkohle moyenne (carrière dangereuse, tirs de mines, autorisation à demander et port de casque obligatoire).

Une carrière dans les Couches à Cératites est plus accessible au Nord-Ouest de Wasselonne (D 112 en direction de Jetterswiller).

La tranchée de la N 4 au Nord de Wasselonne donne une coupe partielle dans la Lettenkohle moyenne.

Entre Dettwiller et Wilwisheim, le talus de la N 421 donne une bonne coupe dans les Marnes irisées supérieures.

A la sortie ouest de Dettwiller, en direction de Rosenwiller, le talus de la route montre une coupe exposant d'Est en Ouest : les Marnes irisées supérieures, les Argiles de Levallois, une faille avec blocs basculés de Calcaire à Gryphées et les marnes du Domérien, ici sans ovoïdes. Celles-ci sont exposées sous leur faciès classique à Mutzenhouse (feuille à 1/50 000 Brumath-Drusenheim).

Les alluvions anciennes **Fv** peuvent être observées dans d'anciennes carrières au Sud de Saverne (coordonnées approximatives $x = 969,350$; $y = 126,750$).

Les alluvions du Mindel, avec leurs intercalations limoneuses à belles plications et involutions, ainsi que les loess qui les surmontent, peuvent être

observées dans les gravières Lotz à l'Est de Saverne (route en direction du moulin du Kreutzfeld).

Les loess anciens du Mindel fossilifères affleurent bien dans la tranchée de la N 4 à l'Est de Marlenheim.

Les sites glaciaires du massif du Schneeberg peuvent être observés dans la haute vallée de la Mossig : cirque glaciaire du Graffenweiher (sentier en rive gauche remontant en amont du point coté 563) et des sources de la Mossig jusqu'en amont des fermes du Schneeberg (belle moraine dans le vallon situé environ 500 m au Sud-Est des fermes).

Les autres affleurements sont mentionnés dans la description des différentes formations.

BIBLIOGRAPHIE

- ADLOFF M.-C. (1968) - Contribution à l'étude palynologique du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur). Thèse fac. sci. Univ. Strasbourg, p. 1-66, 5 fig., 10 pl.
- ADLOFF M.-C., DOUBINGER J. (1969) - Etude palynologique dans le Grès à *Voltzia* (Trias inférieur). *Bull. Serv. Carte. géol. Als.-Lorr.*, t. 22, 2, p. 131-148, 1 fig., 2 pl., Strasbourg.
- ADLOFF M.-C. et DOUBINGER J. (1978) - Associations palynologiques du Trias et du Lias inférieur de l'Ouest de l'Europe (Luxembourg, France, Portugal). Coll. internat. Pal. Laon, 5-10 sept. 1977 ; *Palinologia* (à l'impression).
- BIZON G. (1961) - Contribution à l'étude micropaléontologique du Lias du bassin de Paris (Foraminifères et Ostracodes), 2ème partie Lorraine, région de Nancy et de Thionville. Coll. Lias français. *Mém. B.R.G.M.* n° 4.
- BOEGLIN J.-L. et MENILLET F. (1979) - Le Lias inférieur et moyen dans la région de Saverne. Etude sédimentologique et stratigraphique.
- BORDES A. (1970) - Carte structurale du toit du Buntsandstein moyen dans les Vosges du Nord. D.E.S. Strasbourg, 32 p., 3 pl. et 1 tableau h.-t.
- BUCHNER F. (1977) - Tektonische studien am Rande des Oberrheingrabens bei Wasselonne (Westl. Strasbourg). *Oberrhein, geol. Abh.*, 26, p. 11-21, Karlsruhe.
- BUREK P.-J. (1970) - Magnetic reversals : their application to stratigraphic problems. *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 54, p. 1120-1139.
- DAUBREE A. (1852) - Description géologique et minéralogique du département du Bas-Rhin. Simon éd., 501 p., Strasbourg.
- DUBOIS G. et DUBOIS C. (1955) - La géologie de l'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 13, 310 p., Strasbourg.
- DUBOIS G. et GUILLAUME L. (1929) - Forage à Hochfelden (Bas-Rhin). *Bull. Ass. phil. Als.-Lorr.*, p. 282-286, Strasbourg.

- DURAND M. (1975) - Nature des colorations violettes et vertes de certains grès triasiques. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, 280, 24, p. 2737-2740, Paris.
- DURAND M., HOUPERT R. et TISOT J.-P. (1974) - Aspects géotechniques des marnes du Keuper de Lorraine (France). *Sci. de la Terre, Fr.*, vol. 19, n° 3, p. 267-298, Nancy.
- FIRTION F. (1938) - Coprolithes du Lias inférieur d'Alsace et de Lorraine. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 5, p. 27-43, Strasbourg.
- FIRTION F. (1952a) - Etude pétrographique de quelques gisements sulfatés calciques du Trias supérieur d'Alsace. *Ann. Univ. Sarre*, p. 256-259, 3 pl. h.-t., Sarrebruck.
- FIRTION F. (1952b) - Gypse et anhydrite triasiques aux environs de Strasbourg. XIX^{ème} Congrès géol. intern., Alger, 13, p. 165-170.
- GALL J.-C. (1971) - Faunes et paysages du Grès à *Voltzia* du Nord des Vosges. Essai paléo-écologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 34, 318 p., Strasbourg.
- GALL J.-C. (1972) - Permanence du régime de chenaux et flaques dans les Vosges du Nord pendant toute la durée du Buntsandstein. *Sci. Géol.*, bull. 25, p. 307-321, Strasbourg.
- GALL J.-C., DURAND M. et MÜLLER E.-M. (1977) - Le Trias de part et d'autre du Rhin. Corrélations entre les marges et le centre du bassin germanique. *Bull. B.R.G.M.* (2^{ème} sér.), sect. IV, n° 3, p. 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. Fr.*, 11, part. 7, p. 301-303, 2 fig.
- GALL J.-C. et PERRIAUX J. (1975) - La sédimentation continentale du Buntsandstein et les modalités de la transgression marine du Muschelkalk. IX^{ème} Congrès international de sédimentologie, Nice, 1975. Excursion n° 8, 1^{ère} partie, p. 3-23.
- GILLET S. (1953) - Les marnes à Cyrènes de l'Oligocène d'Alsace. *Rev. I.F.P.*, VIII, 8, p. 395-422.
- GILLET S. (1954) - Étude sur l'Oligocène supérieur d'Alsace. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6^{ème} sér., 4, p. 25-29.
- GRAUVOGEL-STAMM L. (1978) - La flore du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur) des Vosges du Nord (France). Morphologie, anatomie, interprétation phylogénique et paléogéographique. *Sci. Géol.*, mém. 50, 225 p., 54 pl. h.-t., Strasbourg.
- GROSS J. (1976) - L'évolution des versants dans les « limons des plateaux » du Nord de l'Alsace (région de Bouxwiller). *Recherches géographiques*, n° 1, p. 13-21, Strasbourg.
- HAGUENAUER B. (1963) - Étude séquentielle du Muschelkalk supérieur lorrain. *Mém. B.R.G.M., Fr.*, n°15, p. 148-153.

- HAGUENAUER B. et HILLY J. (1975) - Les environnements continentaux, lagunaires et marins du Muschelkalk, du Keuper, du Lias et du Dogger. IXème Congrès international de sédimentologie, Nice, 1975. Excursion n° 8, 2ème partie, p. 24-56.
- HAM P (1967) - Les diaclases des grès des Vosges du Nord. D.E.S. Strasbourg, 29 + 8 p., 4 cartes h.-t.
- HEMMER A. (1918) - Über das Tertiär von Truchtersheim (bei Strasbourg) und seine Flora. *Jber. u. Mitt. Oberrh. geol. Ver.*, N.F., 7, 1, p. 41-43.
- HOFF M. (1978) - Carte phyto-écologique du Sud du champ de fractures de Saverne.
- HOLLINGER J. (1970) - Beitrag zur Gliederung des Deckgebirges der Nordvogesen. *Zeitschr. Deutsch. geol. Ges.*, 121, p. 79-91.
- HUMBLOT R. (1977) - Étude géologique et géotechnique des formations du Buntsandstein moyen et supérieur du vallon de Champagne (région de Saverne, Bas-Rhin) suivant le tracé de l'autoroute A34, Strasbourg-Freyring. Thèse 3ème cycle Univ. Nancy I, 170 p., 12 p. biblio., 60 p. annexes + 7 fig. et tabl. h.-t.
- JERÔME P. et SAUVAGE J. - Morphoscopie des sables pliocènes et quaternaires de la région de Saverne. *Bull. Ass. philomat. Als.-Lorr.*, IX, p. 92-94.
- KAPP E. (1959) - La végétation des environs de Wasselonne : la forêt, les collines calcaires et leurs pelouses. *Revue du Club vosgien*, n° 3, p. 15-21.
- KHALDI N. (1973) - Sur quelques méthodes de traitement de cartes de champ. Application à l'anomalie gravimétrique de Saverne. Diplôme d'ingénieur géophysicien, Inst. phys. du globe. Strasbourg, 88 p.
- KOEHN-ZANINETTI L., BRÖNNIMANN P., GALL J. (1969) - Description de quelques Foraminifères du Grès à *Voltzia* (Buntsandstein supérieur) des Vosges (France). *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, t. 22, 2, p. 121-130, 1 fig., 3 pl., Strasbourg.
- KOKEN E. (1898) - Beiträge zur Kenntniss der Gastropoden des Süd-deutschen Muschelkalks - Abh. Gesl. Special. Karte Els-Lothr. N.F., Heft II, 49 p.
- KONRAD H.-J. (1971) - Über die Verbreitung von Unterem Buntsandstein in den Nordvogesen. Abh. hess. L.-Amt. Bodenforsch. 60 Heinz-Tobien Festschrift. p. 258-262, Wiesbaden.
- LAUGIER R. (1964) - Le Lias inférieur et moyen du Nord-Est de la France. Thèse sciences nat. Univ. Nancy, p. 101-102 et 263.
- LUCAS J. (1962) - La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 23, 202 p., Strasbourg.

- MENILLET F., GRONDIN J.-L., ADLOFF M.-C. (1979) - Le Muschelkalk inférieur et moyen aux environs de Phalsbourg (Moselle) et de Saverne (Bas-Rhin). Etude lithostratigraphique, sédimentologique et palynologique. *Bull. B.R.G.M.*, à paraître.
- MOSSER C., 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.
- MOUTERDE R., ENAY R., CARIOU E., CONTINI D., ELMIS., GABILLY J., MANGOLD C., MATTEI J., RIOULT M., THIERRY J. et TINTANT H. (1971) - Les zones du Jurassique en France. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 2, p. 76-102.
- NESSMANN V. (1917) - Geschichte der Stadt Westhoffen i. Elsass (Histoire de la ville de Westhoffen en Alsace). Strasbourg.
- NGUYEN THI N.-T. (1977) - Contribution à l'étude des Conodontes du Muschelkalk supérieur lorrain. Thèse 3ème cycle Univ. Nancy I, 81 p., III pl. h.-t.
- NOËL E. - Études sur la faune des galets du Grès vosgien. Bibliographie dans PERRIAUX J. (1961).
- PALAIN C. (1966) - Contribution à l'étude sédimentologique du « Grès à roses » (Trias supérieur) en Lorraine. *Sci. de la Terre, Fr.*, 11, p. 245-291, Nancy.
- PERRIAUX J. (1961) - Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 18, Strasbourg.
- RICOUR J. (1962) - Contribution à une révision du Trias français. *Mém. Serv. Carte géol. France*, 471 p.
- RISSLER J.-J., GRANDAROVSKY G. (1975) - Eaux minérales et thermales. Vosges-Alsace.
- SCHIRARDIN J. (1923) - Note sur le Lias inférieur du Bas-Rhin. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 1, 2, p. 89-116, Strasbourg.
- SCHIRARDIN J. (1938) - Nouvelles observations sur le Toarcien de l'Alsace. *Bull. Ass. philomat. Als.-Lorr.*, VIII, 6, p. 506-549, Strasbourg.
- SCHIRARDIN J. (1953) - Les surfaces pré-tertiaires dans la vallée du Rhin en Alsace. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 236, p. 1806-1808.
- SCHIRARDIN J. (1954) - Les formations littorales et côtières du Sannoisien de la moyenne Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 7, p. 35-67, Strasbourg.
- SCHIRARDIN J. (1960) - Sur la limite du Toarcien et de l'Aalénien en Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 13, 3, p. 97-125, Strasbourg.
- SCHNEIDER N. (1927) - Etude stratigraphique et paléontologique de l'Aalénien de Gundershoffen (Bas-Rhin). *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, n° 3, 132 p., 5 pl. h.-t., Strasbourg.

- SCHUMACHER E. (1902) - Erläuterungen zu Blatt Pfalzberg. Geol. Spezialkarte v. Els. Lothr. Strasbourg, 136 p.
- SITTLER C. (1965) - Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 24, 392 p., Strasbourg.
- STCHEPINSKY A. (1963) - Etudes sur les Ostracodes du Stampien d'Alsace et complément à l'étude des Ostracodes du Sannoisien d'Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 16, 3, p. 151-174, Strasbourg.
- STUBER J.-A. (1893) - Die obere Abteilung des unteren Lias in Deutsch-Lothringen. Abh. z. geol. Spezialkarte v. Els. Lothr., Bd V, Heft 2, p. 14.
- THEOBALD 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*, 3ème série, t. XII, 36e cahier, Metz, p. 1-19.
- THEOBALD N. (1952) - Stratigraphie du Trias moyen dans le Sud-Ouest de l'Allemagne et le Nord-Est de la France. Publications de l'Université de la Sarre, 64 p., 1 tableau h.-t., Sarrebruck.
- TRICART J. (1956) - Tectonique quaternaire aux environs de Saverne. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 9, 1, p. 85, Strasbourg.
- TRICART J. et RAYNAL R. (1969) - Périglaciaire de l'Alsace à la Méditerranée. Livret-guide de l'excursion C.15, p. 10-14, VIIIe congrès I.N.Q.U.A., Paris.
- VALENTIN J. (1890) - Die Geologie des Kronthals i. E und seiner Umgebung. *Mitt. Geol. Land. Els.-Loth.*, Band III (1892), p. 1-44, Strasbourg.
- VOGT H. (1967) - Remarques sur le relief de la région de Wasselonne. *Société d'Histoire et d'Archéologie de Saverne et environs*, cahier 58-59, p. 5-7.
- WAGNER W. (1924) - Das Tertiär des Rheintals westlich von Strassburg. Die Kriegsschauplätze 1914-1918 geol. dargestellt. 1 (Elsass) p. 133-140, Berlin.
- WALCH J.J. (1966) - La prospection magnétique aéroportée. Diplôme Inst. phys. globe, Strasbourg.
- WALTER E. (1938) - Compte rendu de l'excursion botanique dans la région de Dabo et Wangenbourg. *Bull. Soc. Hist. nat. Moselle*, 33e cahier.
- WALTER E. (1939) - Les limites naturelles du sapin dans les Vosges. p. 93-103.
- WALTER E. (1950) - Le tapis végétal. In Le Pays du Kochersberg. Ed. Alsatia, Colmar.
- WEIL R., JAROVOY M. (1950) - Catalogue des espèces minérales d'Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 6, 140 p.

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

TABLEAU D'ÉQUIVALENCE DES NOTATIONS
(cartes à 1/50 000)

Sarrebourg 1968	Saverne 1979	Molsheim 1975
t3c	t3c	t3b
t3b	t3b	
t3a	t3a p.p.	
t2b	t3a p.p.	t3a
t2a	t2b	t2c
t2P	t2a	t2b
t1c	t1c	t2a
t1b	t1b	t1b
	t1a	t1a

ÉTUDES SPÉCIALISÉES

— Détermination des Ammonites du Lias : A. LEFAVRAIS-RAYMOND, ingénieur géologue au B.R.G.M.

— Étude micropaléontologique du Lias : P. ANDREIEFF, ingénieur géologue au B.R.G.M.

— Étude palynologique du Trias : C. ADLOFF, docteur en géologie, Centre de géochimie et de géologie de la surface, C.N.R.S. Strasbourg, et J.-J. CHÂTEAUNEUF, ingénieur géologue au B.R.G.M.

— Étude palynologique du Quaternaire : G. FARJANEL, ingénieur géologue au B.R.G.M.

— Malacologie du Quaternaire, macroflore du Tertiaire : F. GEISSERT.

— Etudes sédimentologiques. Laboratoire du B.R.G.M. et Centre de géologie et de géochimie de la surface (Institut de géologie, Strasbourg) : interprétation par C. JACOB, ingénieur géologue au B.R.G.M., F. MENILLET, J.-L. BOEGLIN et J.-L. GRONDIN.

AUTEURS DE LA NOTICE

La majeure partie du texte a été rédigée par F. MENILLET, ingénieur géologue au B.R.G.M., d'après des observations inédites des différents auteurs et des données bibliographiques mentionnées dans le texte. H. VOGT, chargé d'enseignement à l'Université Louis Pasteur, a revu le texte concernant le Quaternaire. La partie Sols, végétation et cultures a été élaborée grâce à des communications orales de M. HOFF, de J.-P. BOUDOT, docteur en écologie ainsi que de F. GEISSERT. Le chapitre hydrogéologie a été rédigé par P. SCHWOERER, ingénieur géologue au Service géologique régional Alsace; celui concernant les gîtes minéraux a été écrit par J. LOUGNON, ingénieur géologue au B.R.G.M.

