



**CARTE
GÉOLOGIQUE
A 1/50 000**

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

COLMAR ARTOLSHEIM

XXXVII - 18

COLMAR ARTOLSHEIM

La carte géologique à 1/50 000
COLMAR-ARTOLSHEIM est recouverte par la coupure
COLMAR (N° 86)
de la carte géologique de la France à 1/80 000

ST-DIÉ	SÉLESTAT	BENFELD
GÉRARDMER	COLMAR ARTOLSHEIM	
MUNSTER	NEUF-BRISACH OBERSAASHEIM	



MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL ET SCIENTIFIQUE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 – 45018 Orléans Cédex – France



NOTICE EXPLICATIVE

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE PRÉSENTATION DE LA CARTE

La feuille Colmar-Artolsheim s'étend sur l'extrémité orientale des Vosges moyennes cristallines, la frange des collines sous-vosgiennes et la plaine du Rhin.

Des Hautes-Vosges couvertes de forêts et de chaumes (900 à 1400 m) les pentes à forêts et pâturages descendent rapidement (900 à 250 m) vers les collines sous-vosgiennes, terrain d'élection des vignobles (200 à 250 m) pour aboutir à la plaine du Rhin (170 à 200 m) aux riches cultures agricoles ; en rive droite, le massif volcanique du Kaiserstuhl, aux sommets boisés et aux pentes cultivées, rompt par son relief, qui culmine à 560 m, la monotonie de la plaine.

Tout le réseau hydrographique est tributaire du Rhin et de l'Ill : Fecht, Weiss et Strengbach issus des Vosges sur la rive gauche du Rhin, Dreisamm et Krottenbach sur la rive droite.

Les principales unités géologiques correspondent à peu près à celles des régions naturelles.

Quatre régions naturelles se partagent la surface de la feuille :

- la zone orientale des Vosges cristallines moyennes,
- le domaine des collines sous-vosgiennes,
- la plaine du Rhin,
- le massif du Kaiserstuhl.

1 — La zone orientale des Vosges cristallines moyennes

Le socle affleure sur le versant alsacien des Vosges moyennes. Seul le petit secteur situé au Sud-Ouest de Wintzenheim fait partie des Vosges méridionales, avec les premiers lambeaux de Dinantien. Ce socle, partie intégrante du socle précambrien de l'Europe moyenne (Modanubien) est constitué de gneiss, de granito-gneiss et des produits de leur réactivation hercynienne précoce, anatectique (migmatites) ou tardive (granites intrusifs à caractère syénitique).

Ces terrains reposent sur les gneiss de la zone axiale au Nord par l'intermédiaire d'une lame couchée de granite syncinématique, le granite du Bilstein. Sur le bord ouest de la feuille, le socle est dominé par les calottes gréseuses à sommets conglomératiques du Trias, dont la silhouette conique ou trapézoïdale caractérise les paysages alsaciens (Massif du Taennchel, Kalblin, Koenigstuhl, le Gras, Vorhochkopf d'Ammerschwir et

de Kaysersberg) ; leur base visualise la surface d'érosion post-hercynienne ; celle-ci est effondrée par l'intermédiaire d'un champ de fractures dans la région d'Aubure. Les rares villages de ce domaine sont installés au fond de s vallées ou sur la pénéplaine post-hercynienne.

2 — Le domaine des collines sous-vosgiennes

Cette zone est limitée à l'Ouest par un accident majeur d'orientation Nord-Sud, la faille vosgienne, qui met en contact les formations du socle et les terrains secondaires et tertiaires du domaine effondré. En fait il s'agit d'un faisceau de failles qui s'anastomosent et se relaient selon un tracé en baïonnette. Le rejet de la faille vosgienne est minimum là où le champ de fractures est le plus large (500 à 600 m à Ribeauvillé). Entre Wintzenheim et Katzenthal par contre, ces rejets atteignent plus de 1000 mètres. L'escarpement des « failles vosgiennes » est presque toujours nettement visible dans le paysage.

Les terrains triasiques, liasiques et oligocènes continentaux sont limités à l'Est vers la plaine par la faille rhénane (rejet 700 m) souvent cachée par les sédiments quaternaires de la plaine reposant sur les terrains marins marneux de l'Oligocène. Entre ces deux accidents majeurs s'ordonne une mosaïque de petits compartiments tectoniques où s'observent les grès, les calcaires, les dolomies, les marnes, les argiles et les conglomérats du Secondaire et du Tertiaire, et qui ont joué, comme le montrent les couleurs des terrains sur la carte, verticalement et probablement tangentiellement.

Recoupés par les rivières vosgiennes issues du socle (Fecht, Weiss, Strengbach) et dont les grands cônes de déjection forment la transition avec la plaine, ces coteaux, aux formes arrondies, couverts de riches vignobles, de vergers et de taillis, portent les coquets villages alsaciens qui jalonnent la Route du Vin.

3 — La plaine du Rhin

Étendue subhorizontale, elle s'étale de part et d'autre du Rhin, du pied des Vosges jusqu'à la Forêt-Noire ; elle correspond à un fossé d'effondrement rempli de sédiments tertiaires marneux (plus de 1300 m) et recouvert par une accumulation de graviers, de sables et de limons plio-quaternaires déposés par le Rhin, l'Ill et les rivières issues des reliefs bordiers. C'est dans ces alluvions, activement exploitées en surface par de grandes gravières, que se situe la nappe phréatique du Rhin, principale source d'eau potable de la plaine, exploitée par de nombreux forages.

L'épaisseur de ces alluvions est variable (elle peut dépasser 200 m) car le substratum tertiaire sous-jacent s'élève à la hauteur de Colmar en un seuil qui sépare le bassin de Mulhouse au Sud, du bassin de Sélestat au Nord. La plaine est le domaine des cultures vivrières, des prairies et des forêts de l'Ill et du Rhin. De nombreux villages sont installés sur la basse terrasse wurmienne ou sur ses rebords.

4 — Le massif du Kaiserstuhl

Le Kaiserstuhl, remarquable massif volcanique d'âge tertiaire, émerge de la plaine holocène en une série de petits reliefs isolés, d'orientation Nord-Sud, semblables à des îlots ; il se prolonge vers le Nord-Ouest par les collines du Lutzelberg et du Limberg et vers le Sud-Ouest par les collines de Breisach (feuille Neuf-Brisach). Son pied occidental plonge sur les graviers rhénans. Les roches essexitiques et phonolitiques constituent l'essentiel de la topographie des crêtes boisées disposées en fer à cheval ouvert vers l'Ouest, et au cœur duquel coulent le Krottenbach et ses affluents.

A la périphérie de ces reliefs, une zone basse, plate, recouverte par un épais manteau de lœss, forme le domaine d'élection des cultures, de la vigne en particulier ; le substratum volcanique n'y apparaît qu'à la faveur de fenêtres ménagées dans la couverture lœssique.

Tous les villages du Kaiserstuhl se situent dans les fonds des vallées, de directions rayonnantes, à partir du cœur du massif et le plus souvent sur le bord de la basse terrasse wurmienne, dominant la plaine holocène.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Les quatre régions naturelles qui s'observent sur la feuille correspondent dans l'ensemble à quatre unités géologiques nettement différenciées. Ce sont les Vosges cristallines moyennes, les collines sous-vosgiennes, la plaine du Rhin et le massif volcanique du Kaiserstuhl. Les trois premières unités divisent la feuille en trois bandes d'orientation Nord-Sud. Cette disposition est d'origine tectonique ; le socle s'est en effet effondré d'Ouest en Est grâce à deux failles majeures : la faille vosgienne qui limite les collines sous-vosgiennes à l'Ouest et abaisse le socle d'un millier de mètres et la faille rhénane qui borde ces collines à l'Est et affaisse de nouveau le socle d'environ 700 m (voir bloc-diagramme, en annexe).

Les traits essentiels de la structure actuelle n'ont été réalisés qu'au cours du Tertiaire ; ils font suite à une longue histoire géologique dont nous essaierons de retracer les principales étapes.

1 — Les terrains du socle et leur couverture paléozoïque

Les premières mobilisations (anastaxie) se sont développées dès la fin du *Dévonien* et n'ont cessé d'évoluer jusque dans les temps tardi-hercyniens. Si ces mobilisations anastaxiques ont parfois abouti à des homogénéisations granitiques, ces granites ne se sont pas extravasés et ce plutonisme a conservé un caractère discret, comme l'atteste l'absence quasi-totale de filons et de massifs circonscrits. Une exception mérite cependant d'être mentionnée : le granite du Brézouard ($\gamma 1c$) et son cortège se sont mis en place à la faveur du rejeu de l'importante dislocation du Bilstein, elle-même déjà cicatrisée par une lame de granite syntectonique ($\gamma 1d$) ; certains de ses filons recoupant çà et là les terrains houillers, on s'accorde à reconnaître au granite de Brézouard, un âge post-westphalien.

Les premiers dépôts paléozoïques identifiés sur la feuille appartiennent au *Viséen*. Sans doute constitués, à l'origine (comme dans les Vosges méridionales), par des alternances de schistes à plantes et de grauwackes (faciès Culm), les sédiments viséens ont été plissés et métamorphisés lors des mouvements tectoniques anté-namuriens (phase sudète).

Sur ce substrat plissé et faillé, s'installent les sillons houillers. Durant le *Namurien* et le *Westphalien*, ils sont comblés par des décharges conglomeratiques, des arkoses et des schistes uranifères, à plantes et minces couches de houille. Des réarrangements structuraux semblent se produire durant le *Permien* et la sédimentation est localisée dans des bassins d'effondrement, connus surtout au Nord de la feuille (Bassin de Villé). Pendant ce temps, le reste du massif est soumis à une érosion intense, et c'est sur une pénéplaine fortement arasée que se déposent les grès et conglomerats du Permien supérieur et du *Trias*. Cette sédimentation estuarienne ou deltaïque recouvre l'ensemble de la région ; elle est alimentée en apports terrigènes par l'ablation des reliefs du « Continent Gaulois » situé à quelques dizaines de kilomètres au Sud-Ouest d'Épinal.

Au *Muschelkalk*, une invasion marine alimente une sédimentation calcaréo-marneuse et évaporitique qui se poursuit durant le *Keuper*.

Le milieu s'approfondit au *Jurassique* et les formations marneuses ou calcaires connues dans l'Est de la France et dans l'Ouest de l'Allemagne se retrouvent dans cette partie de l'Alsace. On y décèle de nombreuses zones à Ammonites. Ce qui, joint à l'absence de dépôts côtiers, milite en faveur d'une immersion complète de cette région, Vosges et Forêt-Noire comprises. Ces massifs n'émergent qu'à la fin du Rauracien (Oxfordiens. *lat.*).

Au cours du *Crétacé*, l'ensemble de la région est exondé et soumis à l'érosion.

Au début du *Tertiaire*, du fait du rejeu des axes varisques, s'individualise le seuil de Colmar, situé immédiatement au Nord de la ville et surplombant le bassin de Sélestat qui s'amorce bien au Nord d'Illhaeusern.

L'altération climatique tropicale humide des reliefs karstiques se poursuit dans des dépressions continentales où un milieu de sédimentation lacustre et palustre passe progressivement au milieu saumâtre. Parmi les venues volcaniques basiques dans la région de Colmar (□), certaines sont datées de l'Éocène inférieur ; elles annoncent la formation du fossé qui est individualisé dès l'Oligocène inférieur (Lattorfien) à l'Est de la faille rhénane ; un bras de mer d'origine périalpine y pénètre à partir du Sud-Est. Alors que les lagunes potassiques s'étendent à moins de 10 km au Sud de Colmar, d'autres évaporites se déposent au Nord du seuil sous un climat relativement tempéré. En bordure des Vosges, l'érosion régressive accumule un matériel conglomératique ; les matériaux sont de provenance variée mais le type de galets et leur microfaune indiquent que l'ablation de la couverture des Vosges était plus avancée au Sud qu'au Nord à la suite de l'affaissement méridional plus rapide du fossé.

A l'Oligocène moyenne le fossé s'ouvre vers la mer du Nord qui y pénètre en débordant les marges actuelles. Les dépôts rupéliens indiquent une subsidence régulière de l'ensemble du domaine. Un net rafraîchissement climatique se place à cette époque, il se poursuit jusqu'à la fin de l'Oligocène.

Ensuite, le retrait progressif de la mer vers le Nord s'accompagne aussi de sa dessalure et, dans la région de Colmar, seuls quelques dépôts fluvio-lacustres et d'altération climatique due à un réchauffement, représentent le *Chattien* et le *Miocène*. Il est d'ailleurs probable que l'érosion en ait emporté une bonne part, car au Miocène le basculement du fossé vers le Nord a relevé le Sud de l'Alsace et favorisé des mouvements d'extension Ouest-Est. Là se placent aussi les imposantes manifestations volcaniques du Kaiserstuhl qui s'échelonnent entre — 25 et — 16 MA ; (les modestes émissions de la bordure alsacienne ne sont pas toutes datées). La géophysique a montré que les racines de ce massif volcanique s'étendent au niveau du seuil de Colmar, loin sous la plaine alsacienne.

Dès le *Pliocène*, les bords du fossé se surélèvent et, dans la zone du seuil de Colmar que prolonge le Kaiserstuhl, se dessine une ligne de partage des eaux entre le bassin méditerranéen qui draine le Rhin alpin et la mer du Nord où se jettent les affluents de l'III au Nord de Colmar. Ce réseau hydrographique se modifie au début du Quaternaire ; à ce moment la ligne de partage des eaux s'efface et permet au Rhin d'emprunter le fossé en direction du Nord. L'accumulation alluviale dépasse localement 200 m ; elle est surtout importante dans les zones déjà subsidentes à l'Oligocène et qui reflètent les anciennes structures varisques qui traversent le fossé.

Le remplissage sédimentaire tertiaire se situe ainsi entre 1000 et 1500 m sur la feuille Colmar ; mais il est variable, car des failles synsédimentaires en bordure et au centre du fossé accompagnent constamment la subsidence et déterminent des zones hautes et basses souvent allongées en direction rhénane ; ainsi le substratum secondaire se situe entre 500 et 1000 m au Nord de Colmar, mais dépasse 1700 m à l'Est d'Orschwiller (Sud de Sélestat) et dans la gouttière taillée de Marckolsheim. Notons encore que les deux diapirs salins de Hettenschlag et Neuf-Brisach se prolongent vers le Nord sur la feuille Colmar, respectivement vers Jebnheim et Durrentenzen.

Au Quaternaire, la sédimentation est commandée par deux séries de faits :

— les oscillations climatiques règlent essentiellement l'abondance des apports et leur faciès : les périodes froides successives ont déterminé les arides discontinues de débris grossiers de type périglacière d'origine vosgienne (cônes piedmont) et de type fluvio-glaciaire d'origine rhénane. La période tardiglaciaire et holocène se caractérise par une tendance générale à une sédimentation plus fine.

— les déformations tectoniques en déterminent la disposition : l'affaissement du fossé rhénan s'est continué durant le Quaternaire, et la région de Colmar en est un des secteurs les plus affaiblis. Dans l'axe du fossé, l'affaissement a permis l'empilement de grandes épaisseurs d'alluvions, les plus récentes (Würm) recouvrant les plus anciennes. L'épaisseur du Quaternaire dépasse 100 m dans de nombreux forages. Sur le bord des Vosges, par contre, une tectonique de distension a fragmenté et basculé les

cônes anciens, les plus âgés étant les plus déformés. Fréquemment, contre la bordure vosgienne, des fragments de cônes du Quaternaire ancien sont portés à plusieurs dizaines de mètres au-dessus des thalwegs. Ils sont souvent basculés vers Taxe du fossé, ou découpés par des failles qui les abaissent dans la même direction et les font disparaître sous des accumulations plus récentes.

En conclusion, la physionomie actuelle de la région n'a commencé à se dessiner qu'au début de l'Oligocène avec l'effondrement par paliers de la partie centrale de l'ancien massif qui, à l'origine, joignait les Vosges à la Forêt-Noire. Le rejet cumulé des failles bordières atteint 3000 mètres.

Il semble que la formation de ce graben soit en relation avec des mouvements sous-crustaux. Les prospections entreprises par sismique-réfraction, montrent en effet que l'interface croûte-manteau (discontinuité de Mohorovičić) se situe à 22 km de profondeur sous les Vosges, à 25 km sous le fossé rhénan alors qu'elle se trouve à 60 km sous les Alpes. Cette épaisseur relativement faible de la croûte terrestre à cet endroit pourrait être mise en relation avec l'ouverture du fossé rhénan par un mouvement d'extension.

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS CRISTALLINS ROCHES CRISTALOPHYLLIENNES ET ROCHES CRISTALLINES

(Pour les terrains marqués d'un astérisque(), une analyse chimique est présentée hors-texte par le tableau n° 3).*

Z1a. Gneiss à lithologie variée à grenat et sillimanite prismatique* ; gneiss migmatitiques à grenat. Ces gneiss font partie de la série « à lithologie variée » de Sainte-Marie-aux-Mines ainsi que ceux portant les notations Z1G, Ci et Z1b. Ils sont surtout développés sur les feuilles voisines. Ces gneiss sont caractérisés par leur teinte violacée, leur aspect massif et des filonnets pegmatitiques à tourmaline. Le grenat s'accompagne de sillimanite prismatique, de spinelle, de graphite et de rutile.

Ci. Calcaires cristallins. Dans les gneiss à lithologie variée s'intercalent des niveaux boudinés de calcaires cristallins à minéraux (Ci) et des amphibolites pyroxénites et gneiss amphiboliques (Z1b).

Z1b. Gneiss amphiboliques* et pyroxéniques, amphibolites. Ces roches appartiennent à la série à « lithologie variée » dont elles semblent constituer la base. Sans doute s'agit-il d'une ancienne série volcano-sédimentaire. Les amphibolites massives à hornblende de couleur brune sont rares. Dans le gneiss amphibolique, l'amphibole est une hornblende cernant souvent un pyroxène résiduel et passant à l'extérieur à de l'actinote et de la biotite. Les épidotes y abondent. La partie méridionale de la série a subi des modifications métasomatiques (gneiss œillés ou métatectiques). A Dusenbach, de telles roches ont participé à l'élaboration des mylonites sombres qui caractérisent le site ; un petit lambeau a été préservé aux abords immédiats du chevauchement.

Z1G. Leptynites à grenat (faciès granulite). Vers l'Ouest, les gneiss à grenat passent à des leptynites à grenat du faciès granulite ou « granulites » : ce sont des roches généralement claires, massives à débit en parallélépipèdes, à quartz discoïdes, petits grenats et sillimanite prismatique.

Z1d. Gneiss rubanés (métatectiques) laminés. Les gneiss rubanés résultent de la transformation des gneiss à sillimanite fibreuse qui constituent la partie méridionale des gneiss entre Lièpvre et Sainte-Marie-aux-Mines (feuille Sélestat). La portion figurée

ici (quart nord-ouest de la feuille) a des aspects un peu particuliers dus à la proximité, à la fois de la zone tectonique de Ribeauvillé et du granite du Brézouard. Ils sont parfois laminés, parfois injectés ou massifs et annoncent les intenses mobilisations rencontrées plus au Sud. Du grenat peut y apparaître.

Z1e. Gneiss perlés à grenat et cordiérite*. Le type dominant des gneiss de Ribeauvillé peut se rattacher aux gneiss précédemment décrits, au-delà de la double dislocation occupée par le granite du Bilstein. Ce sont des gneiss à cordiérite, sillimanite et grenat dans lesquels le plagioclase a subi une recristallisation tardive sous forme globuleuse, d'où leur aspect perlé. Tantôt à litage franc, tantôt nébulitiques, on y trouve associées des venues saccharoïdes à deux micas et andalousite. Ils annoncent le domaine des migmatites, où les septums de gneiss perlés se font de plus en plus rares vers le Sud.

M1. Granite prophyroblastique hétérogène à enclaves basiques (Migmatites de Kaysersberg)*. Noyées dans un liant granitique accusant une blastèse (croissance de cristaux à l'état solide par métamorphisme) de feldspaths calco-sodiques et potassiques, des zones riches en enclaves sombres décimétriques à métriques, donnent une allure hétérogène à la roche. Les enclaves révèlent une structure concentrique : auréoles successives de biotite, amphibole incolore, pyroxène calcique et parfois grenat au centre.

L'ensemble des séries métamorphiques précambriennes a été mobilisé et réactivé par les mouvements hercyniens. Les premières transformations ont eu lieu alors que cette portion de socle était profondément enfouie dans l'orogène. Les séries gneissiques devinrent granito-gneissiques et l'évolution se poursuivit jusqu'à donner des granites. Les formations basiques (amphibolites, pyroxénites, cipolins) évoluèrent plus difficilement en donnant les enclaves sombres.

M7. Granite prophyroblastique hétérogène : granite migmatitique de Kaysersberg. Lorsque les gneiss d'origine avaient une composition plus homogène et plus acide (gneiss à grenat, gneiss à sillimanite) les termes ultimes de la transformation sont alors des granito-gneiss massifs, orientés, passant à des granites prophyroblastiques à biotite. La métasomatose potassique y est évidente. Cette constatation de l'allure capricieuse des transformations vues à l'affleurement autorisent à parler de migmatites. Les parties migmatitiques les plus homogènes sont à assimiler au granite fondamental des Vosges lorraines (Hameurt, 1967).

M2. Gneiss granitiques acides hétérogènes (migmatites et granites migmatitiques des Trois-Épis)*. Un cas particulier est représenté par les migmatites (avec granito-gneiss granites à deux micas et andalousite) des Trois-Épis. À côté de faciès nébulitiques parcourus par des filonnets tachetés de cordiérite, apparaissent des roches très caractéristiques à petites lentilles biotitiques disposées en arrangements géométriques très décoratifs. Il s'agirait d'anciennes séries granulitiques recristallisées ou affectées de processus anatectiques. Des reliques de grenat et la composition leptynitique militent en faveur de cette hypothèse. Par ailleurs, des granites à deux micas en bancs et en petits massifs pénètrent souvent la zone avoisinante des migmatites de Kaysersberg et de leurs granites (M1 et M7). Ils n'ont pas été distingués sur la carte.

γ1 b. Granites prophyroblastiques de Thannenkirch, de Châtenois et du domaine des migmatites*. **Granite prophyroblastique à grands cristaux orientés, des Verreries**. Il s'agit de granites plus francs, généralement à grands feldspaths potassiques. La majeure partie pourrait être rattachée aux granites prophyroblastiques M7 auxquels ils passent. Il convient cependant de distinguer le granite de la région de Thannenkirch qui semble avoir subi une évolution plutonique plus poussée (caisson de la légende) et le granite des Verreries, roche très spectaculaire à bandes alignées de grands feldspaths potassiques (caisson 2 de la légende) ; ce dernier serait au contraire le produit d'une métasomatose potassique *in situ*, de la série gneissique préexistante. Le granite des Verreries serait donc à rapprocher des termes granito-gneissiques.

γ1e. Granite prophyroïde à biotite de Wintzenheim. Ce granite, situé à la hauteur de Wintzenheim, est assez banal, à biotite et grands cristaux de feldspath. Il fait partie des granites de la vallée de Munster et des Vosges méridionales.

γ1f. Granite à deux micas, orienté ou non, de Turckheim. C'est un granite à deux micas fréquemment rubéfié ou jaunâtre à grain de taille variable. Son débit régulier en bancs et le fait que quelques secteurs montrent une certaine orientation suggèrent des caractères granito-gneissiques. Mais il se charge, dans sa partie méridionale, d'enclaves de Culm fortement métamorphisé, ce qui lui confère plutôt un caractère magmatique tardif.

γ1d. Granite orienté et laminé à deux micas du Bilstein (granite syncinématique). Le granite du Bilstein est le type même du granite syncinématique. Ce terme veut dire que sa cristallisation a progressé au cours d'une période de tension tectonique accompagnée de mouvements. Les cristaux ont été brisés puis cicatrisés au fur et à mesure de leur apparition. Finalement, des arrachements se sont manifestés sur les plans résultant du laminage. Le matériau qui a donné cette lame était loin d'être homogène au départ et sa cartographie est plus celle d'une unité structurale que d'une unité pétrographique. Age radiométrique (méthode Rb-Sr) : 335 MA, fin du Viséen inférieur.

γ1c Granite grossier à deux micas du Brézouard*. C'est un granite magmatique typique, tardi-hercynien. Son altération donne une arène où le quartz en cristaux automorphes est caractéristique. La biotite y est assez rare, souvent rubéfiée, la muscovite difficile à identifier. Des nodules sombres représentent d'anciennes cordiérites transformées par autopneumatolyse. Les cordiérites automorphes se reconnaissent mieux dans les faciès microgrenus de bordure d'aspect saccharoïde (caisson 1 de la légende). Age radiométrique (méthode Rb-Sr) : 307 MA, Westphalien C ou D.

ROCHES FILONIENNES

γ2a. Granophyres. Les granophyres roses à violacés font très probablement partie du cortège filonien du granite du Brézouard. On les rencontre dans la région d'Adelsbach et à l'Ouest de Rodern où ils pénètrent le Namuro-Westphalien conglomératique. De petits phénocristaux y apparaissent, mais ce sont là encore les monocristaux de cordiérite qui sont caractéristiques.

β. « **Basaltes** ».* Les basaltes vosgiens - sauf celui de Gundershoffen-Reichshoffen (feuille Haguenau) - appartiennent à la famille des *ankaratrites*, caractérisée par l'absence de feldspaths. Les *ankaratrites* sont la forme éruptive - souvent filonienne - des ijolites, roches basiques à feldspathoïdes. Ce sont des roches holomélanocrates (noires) où la teneur en silice est de l'ordre de 40 % ou moins.

Le pyroxène augite, plus ou moins titanifère, en est le constituant principal, tant à l'état de phénocristaux que de microlites : 40 % aux Trois-Épis. La néphéline est généralement altérée en phyllites et se distingue difficilement du verre dans les gisements vosgiens. La sodalite, la noséane et l'haüyne sont fréquentes (voir analyse Trois-Épis). L'olivine est plus ou moins abondante et plus ou moins serpentinisée suivant les gisements. La mélilite n'apparaît qu'en faible quantité. A l'œil nu, les pyroxènes noirs, de plusieurs millimètres de long, l'olivine plus ou moins altérée, jaunâtre, se reconnaissent facilement.

A Riquewihr, le verre n'est pas assez abondant pour que la roche puisse être appelée hyaloankaratrite, équivalent du terme limburgite souvent utilisé pour ce gisement. La chromite se reconnaît en lames minces. L'altération est beaucoup plus profonde qu'au Cerisier Noir (à 3 km au Nord-Ouest de Ribeauvillé) : carbonatation et zéolitisation. Aux Trois-Épis, une croûte brunâtre de quelques millimètres d'épaisseur s'observe aux

épointes. La titanomagnétite est suffisamment abondante dans toutes les ankaratrites vosgiennes pour qu'un morceau de roche agisse sur l'aiguille aimantée.

Aux Trois-Épis (à 500 m au SW de la localité) il s'agit d'un filon de 0,50 m de puissance, visible sur une trentaine de mètres (direction N 50°W, pendage subvertical est) dans les gneiss granitiques sur la route départementale D. 11, à 20 m de la borne kilométrique n° 1, à partir des Trois-Épis, à une altitude de 660 mètres.

Le gisement du Cerisier Noir, encaissé dans le granite du Brézouard, se situe à 1 ou 2 m de profondeur, ne montre que des pierres volantes. D'après les mesures géomagnétiques de J.P. Rothé (1937) c'est un filon orienté N.NE à faible plongement vers l'Ouest dont les dimensions « géomagnétiques » n'excèdent pas 20 mètres. Il se trouve sur un monticule à 100 m au Sud du « Cerisier Noir », point trigonométrique 646 m, à l'aplomb des bornes 311-312.

Le gisement de Riquewihr situé à 500 m au S.SW de la sortie sud de Riquewihr à une altitude de 340 m, est encore bien visible (ancienne carrière) sur quelques mètres de hauteur ; de nombreux blocs sont éparés aux alentours. On observe un faible plongement vers le Nord-Est. Son diamètre est d'environ 30 mètres.

Seul l'âge de ce gisement qui traverse le calcaire sinémurien est relativement précisé. Des mesures d'âges absolus sont en cours sur les divers gisements vosgiens.

Aucun de ces trois gisements ne montre une action sur la roche encaissante.

TERRAINS SÉDIMENTAIRES

CARBONIFÈRE

h2. Viséen : Schistes, cornéennes et amphibolites (h2a) granitisés. Les terrains viséens qui affleurent au Sud de la vallée de Munster représentent l'extrémité nord-est du massif sédimentaire primaire des Ballons. C'est un complexe schisto-arkosique métamorphisé à grain fin, à passées d'amphibolites (témoin d'anciennes marnes) et « flottant » sur le granite à deux micas (□1f).

Cette série plissée (pli de grande amplitude N 15° à pendage 35°N) a subi dans un premier temps un métamorphisme thermique (schistes noduleux à nodules de cordiérite et cornéennes) ; un second métamorphisme thermique et granitisant provoque une assimilation en dentelle de la base de la série qui est pénétrée par de nombreux filons. Ceci peut être observé dans les carrières abandonnées d'Aspach où le sédiment est transformé en roches « graniteuses » d'aspect gneissique d'extension locale, qui conservent l'aspect d'un sédiment transformé et qui contiennent les minéraux des granites sans en avoir l'état cristallin.

h4-3c, h4c. Namuro-Westphalien et Westphalien : Conglomérats, arkoses et schistes noirs uranifères à minces veines de houille. Conglomérats, arkoses et schistes à empreintes végétales constituent le lambeau namuro-westphalien plus ou moins faillé situé au Sud-Ouest de Rodern. Deux associations palynologiques ont pu y être mises en évidence ; elles ont donné, l'une un âge namurien à westphalien A ou B et l'autre un âge westphalien C supérieur à westphalien D.

Au Schaentzel et au Teufelsloch une série d'arkoses (12-33 m) reposant sur le granite (□1b) est surmontée par des schistes noirs ou brunâtres uranifères (45 m) à niveaux lenticulaires de houille. Les schistes alternent avec des bancs de grès durs et contiennent une flore caractéristique de Fougères, d'Articulées, de Lycopodiées et de Cordaïtales. Les études palynologiques ont montré une grande ressemblance entre le Houiller du Schaentzel et celui de Rodern.

(Les résultats des recherches exécutées par le Commissariat à l'Énergie Atomique sont présentés dans la notice technique).

PERMIEN

r2b. **Saxonien : Argiles, sables argileux et arkoses rouge violacé** (0 à 30 m). Ce sont des couches argilo-gréseuses à teintes dominantes rouge violacé et rouge lie-de-vin. Leur épaisseur oscille entre 20 et 30 m dans le secteur de Labaroche (Frauenkopf—Le Gras) ; à l'Est du Koenigstuhl le Saxonien se réduit à quelques mètres d'une arkose lenticulaire ou en biseau entre les gneiss (Z1e) et le Grès vosgien.

Dans le secteur de Labaroche, Théobald (1952) a observé la succession suivante :

— à la base : argiles schistoïdes rouge lie-de-vin ;
— à la partie supérieure : sables argileux rouge violacé, riches en feldspaths, à grain grossier, parfois cimentés en arkoses grossières ; ces arkoses renferment souvent des nodules de manganèse qui, lessivés, confèrent à la roche un aspect caverneux.

A la base des Vorhofkopf de Kaysersberg et d'Ammerschwih, ces arkoses renferment des galets et ont un aspect conglomératique.

Au Frauenkopf, près des Trois-Épis, il n'a été observé que des sables argileux à la base, feldspathiques au sommet, où l'on relève la présence de nodules kaoliniques blanchâtres.

Ces niveaux ont été rapprochés des couches de Kohlbächel du bassin de Ville (feuille Sélestat).

TRIAS (voir fig. 1)

Buntsandstein inférieur. Connue dans le Nord de l'Alsace sur les feuilles Haguenau et Lembach et mis en évidence plus récemment sur les feuilles Saint-Dié et Molsheim, le Buntsandstein inférieur ne s'est pas déposé sur le domaine des Vosges moyennes.

t1. **Buntsandstein moyen : Grès vosgien (ou Grès des Vosges)** (100 à 180m). Il forme l'essentiel des reliefs trapézoïdaux situés à l'Ouest de Ribeauvillé (Massif du Taennchel, Muesberg, Kalblin, Seelburg) où il atteint 180 m d'épaisseur, ainsi que les buttes des Vorhofkopf d'Ammerschwih et de Kaysersberg (épaisseur réduite à 100 m) et du Frauenkopf. Il affleure également dans le champ de fractures de Ribeauvillé, le long de la faille vosgienne (Reichenberg, Altenholz, Hôtel Belle-Vue, Ferme Erlach).

C'est une formation détritique essentiellement gréseuse, de couleur généralement rouge.

Le grès est assez grossier, formé par des grains de quartz arrondis réunis par un ciment silico-ferrugineux. Il contient 15 % de fragments de feldspaths potassiques alors que toute trace de muscovite est absente ; des galets de quartz blanc ou noir et des lentilles d'argiles rouges sont disséminés dans la masse. Ces grès sont disposés en bancs épais de 0,50 m à 6 m ; la stratification est oblique ou entrecroisée, le plus souvent horizontale. Aucun fossile n'y a été observé.

Le Grès vosgien repose soit directement sur les roches cristallines du socle, soit sur des lambeaux permien.

t1d. **Buntsandstein moyen : Conglomérat principal** (20-25 m). A son sommet, le Grès vosgien se charge brusquement de galets pour constituer un poudingue, c'est le Conglomérat principal ou Poudingue de Sainte-Odile.

La lithologie de la matrice gréseuse est identique à celle du Grès vosgien ; il contient en abondance des galets (de 1 à 10 cm) de quartz filonien, de quartzites du Dévonien et de lydienes du Silurien.

Le conglomérat couronne le plus souvent les reliefs gréseux et forme parfois des amas chaotiques tels ceux qui jalonnent la crête du Taennchel (Rocher des Corbeaux, Rocher des Trois Tables).

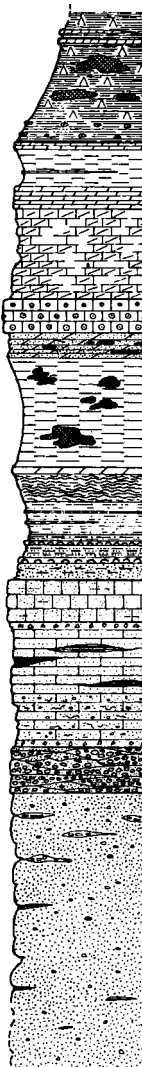
t2. **Buntsandstein supérieur.** Il comprend :

- à la base, les Couches intermédiaires ;
- au sommet, le Grès à *Voltzia*.

Le Buntsandstein supérieur, de par sa faible résistance à l'érosion, affleure mal ; il a

Fig. 1 : Schéma stratigraphique synthétique du Trias

Dressé d'après les observations de terrain (HIRLEMANN, 1970)



70-80 m	marnes bariolées inférieures le plus souvent grises, contenant des bancs d'anhydrite (gypse en surface), rares pseudomorphoses de sel gemme, minces bancs dolomitiques	t ⁷	KEUPER INFÉRIEUR	KEUPER
25-30 m	dolomie limite marnes bariolées, bancs dolomitiques dolomie inférieure	t ⁶	LETTENKOHLE	
40 m	calcaire à Cératites, calcaires gris beiges et marnes indurées, le tout fortement dolomitisé, lentilles de calcédoine	t ^{5b}	MUSCHELKALK SUPÉRIEUR	MUSCHELKALK
12m	calcaire à entroques, silicifié localement	t ^{5a}		
60 m	marnes gréseuses, claires, gypsifères, indurées, passant à des niveaux plus tendres bariolés, de vert à rouge très vif ; grès dolomitiques jaunes en plaquettes vers le sommet	t ⁴	MUSCHELKALK MOYEN	MUSCHELKALK
30 m	marnes dolomitiques alternant avec des dolomies jaunes, friables, gréseuses, micacées	t ^{3b}	MUSCHELKALK INFÉRIEUR	
20 m	grès coquillier, argileux	t ^{3a}		
20 m	grès à Voltzia, finement micacé	t ^{2b}	BUNTSANDSTEIN SUPÉRIEUR (grès bigarré)	BUNTSANDSTEIN
50 m	couches intermédiaires grès à grain moyen peu micacés, limités par 2 bancs de brèche dolomitique; vastes lentilles d'argile au sommet, galets à la base	t ^{2a}		
20 m	conglomérat principal	t ^{1d}	BUNTSANDSTEIN MOYEN (grès vosgien)	
160-180 m	grès vosgien proprement dit ; bancs épais et réguliers, grain moyen, bien cimentés, lentilles d'argile, galets disséminés ou en bancs; formations rouges, décolorées et silicifiées au voisinage de la faille vosgienne	t ¹		

cependant été identifié aux environs immédiats du village d'Aubure et au Schwartzenberg où il subsiste à la faveur de la zone effondrée d'Aubure. Il est également présent à la base de la colline située au Nord de Ribeauvillé.

Les Couches intermédiaires (30 à 50 m) sont formées par une série de grès qui présentent des traits caractéristiques à la fois du Grès vosgien et du Grès à *Voltzia*. Ce sont des grès grossiers lie-de-vin foncé ou brunâtres, parsemés de nombreux nodules noirs d'oxyde de manganèse.

Les grains de quartz teintés de violet en surface sont associés à des feldspaths blancs et à quelques très larges paillettes de muscovite.

Les niveaux gréseux sont disposés en bancs massifs, épais, irréguliers, séparés par des joints au tracé irrégulier ; de vastes lentilles d'argile d'une épaisseur de 0,10 à 0,60 m sont intercalées entre les grès.

Deux bancs gréseux bréchiques (de 0,20 à 1 m d'épaisseur) à éléments de dolomie limitent cette formation à la base et au sommet.

Le Grès à *Voltzia* (12-20 m) diffère des formations précédentes par la finesse de ses grains de quartz et par l'abondance des micas blancs qui sont disposés en lits très minces et qui favorisent le débit de la roche en dalles et en plaquettes. On y distingue : le Grès à *Voltzia* inférieur ou Grès à meules, épais de 8 à 12 m, gris, beige, ou rose, en bancs épais (1 à 3 m), avec des lentilles argileuses et le Grès à *Voltzia* supérieur ou Grès argileux, où les bancs de grès et les niveaux argileux gris-vert et lie-de-vin alternent régulièrement sur 4 à 6 mètres. Les Grès à *Voltzia* sont riches en débris végétaux, accumulés dans de petits lits carbonneux irrégulièrement répartis.

Les caractères sédimentologiques, la faune et la flore décrits dans le Nord de l'Alsace par Gall (1971) permettent de rapporter cette formation à un dépôt deltaïque où interfèrent les influences marines et d'eau douce.

t3. **Muschelkalk inférieur.** Il comprend :

— à la base, le Grès coquillier ;

— au sommet la Zone marno-dolomitique et la Dolomie à *Myophoria orbicularis*. Le Muschelkalk inférieur affleure peu. Il forme la base des collines situées immédiatement au Nord de Ribeauvillé ; seul le Grès coquillier peut facilement être identifié sur le terrain ; il a été reconnu autrefois dans le village d'Aubure. Il s'agit là du vestige de roches secondaires le plus récent et le plus haut perché (770 m) à l'intérieur du socle cristallin des Vosges moyennes. Cet unique témoin atteste l'immersion, au moins au Muschelkalk inférieur, du môle hercynien des Vosges.

t3a. **Grès coquillier** (15-20 m). Il est représenté par une vingtaine de mètres de grès dolomitiques et argileux, ocre-jaune à brun, piquetés de noir, finement micacés. Des niveaux à entroques y sont intercalés. La roche se débite en minces dalles souvent couvertes par de nombreuses empreintes de Lamellibranches tels que *Pecten discites*, *Lima striata*, *Myophoria vulgaris*, *Hoernesia socialis*.

t3b. **Zone marno-dolomitique et Dolomie à *Myophoria orbicularis*** (20-35 m). Le Grès coquillier est surmonté par des marnes dolomitiques jaunes qui alternent avec des dolomies jaunes, friables, vacuolaires. Les marnes présentent quelquefois une structure ondulée. Les apports détritiques se manifestent par quelques niveaux sableux.

Le Muschelkalk inférieur se termine par une dizaine de mètres de dolomies jaunes, sableuses, bien caractérisées par de nombreuses empreintes de *Myophoria orbicularis*.

t4. **Muschelkalk moyen : Marnes gréseuses bariolées à gypse** (60 m). Cette formation qui affleure uniquement au Nord de Ribeauvillé est essentiellement composée de niveaux marneux et salifères. Ce sont des marnes claires, localement bariolées de rouge et de vert. Les plaquettes marneuses portent des pseudomorphes de sel. Cette formation contient en profondeur d'importantes lentilles de sel gemme et de gypse. Des dolomies cavernieuses surmontent les marnes.

t5. **Muschelkalk supérieur.** Il se subdivise en Calcaires à entroques à la base et en

Couches à Cératites au sommet.

t5a. **Calcaires à entroques** (10 à 15 m). Les Calcaires à entroques forment presque toujours un relief vigoureux apparent dans le paysage ; les affleurements en bande étroite, morcelés par des failles transverses, sont localisés le long de la faille vosgienne.

Le calcaire est massif, compact, de couleur gris-beige, jaune sale par altération, disposé en bancs métriques, devenant oolithiques vers le sommet. Certains horizons sont pétris d'articles et de tiges d'Encrines de couleur nacrée, à cassure spathique. Ce faciès type est surtout observable au Sud de Ribeauvillé, le long de la faille vosgienne.

Au Nord de Ribeauvillé, les Calcaires à entroques, proches de la faille vosgienne, sont affectés par une intense silicification épigénétique ; le calcaire est remplacé par une calcédonite très dure ; les empreintes externes des Encrines, et quelquefois celles des calices d'*Encrinus liliiformis* sont ainsi finement conservées. Les carrières abandonnées au Nord et au Sud-Ouest du Reichenberg (Bergheim) en fournissent de bons exemples. Les phénomènes de silicification affectent aussi bien le socle (gneiss de la région du Schlüsselstein) que les terrains sédimentaires à proximité de la faille vosgienne. En raison de son caractère diffus, cette silicification n'a pas été cartographiée.

Notons encore que les fractures ouvertes des Calcaires à entroques et des Couches à Cératites sont tapissées par de beaux cristaux de barytine et de fluorine mauve dans la région de Bergheim (Reichenberg et ferme du Tempelhof).

t5b. **Couches à Cératites** (40 à 50 m). Elles forment la colline qui porte l'église fortifiée de Hunawirh ; le chemin qui va à Riquewirh recoupe ces terrains à la sortie nord de Riquewirh.

Le faciès classique à alternances régulières de bancs calcaires et de lits argileux gris est presque entièrement oblitéré par une dolomitisation secondaire. On observe en affleurement des dolomies jaunes compactes en gros bancs (0,50 m) à cordons de calcédoine ou des dolomies en plaquettes. Des blocs de calcaires gris fumé ne sont visibles que dans les éboulis.

Ces dolomies et calcaires contiennent la faune classique de Lamellibranches (différentes espèces de *Lima*, *Mytilus*, *Pecten*, *Hoemesia*, *Myophoria*) et quelques rares exemplaires de Céphalopodes (*Cératites nodosus* et *Cératites semipartitus*).

Des débris osseux et des dents de Poissons sont localisés dans un « bone-bed » à la base de la formation.

t6. **Lettenkohle : Dolomie, Marnes bariolées et Dolomie-limite** (27 à 33 m). La Lettenkohle affleure médiocrement dans la colline du Mühlfurst, au Sud de Ribeauvillé ainsi qu'aux abords de Hunawirh.

La Dolomie inférieure à la base, épaisse d'environ 10 m, est représentée par des dolomies beiges, en bancs épais, semblables à celles des couches à Cératites. Elles s'en distinguent par une grande abondance de *Myophoria goldfussi* qui vont jusqu'à former de véritables lumachelles. Certaines passées marseuses ont livré *Lingula tenuissima*.

Les Marnes bariolées, épaisses de 15 à 20 m, sont grises à vertes, avec des lits rouges ou noirs, et de petites intercalations dolomitiques ou gréseuses. On y trouve des empreintes d'*Estheria minuta* et des débris végétaux. Des horizons charbonneux ont été observés au sein des marnes et des bancs dolomitiques.

La Dolomie-limite (au sommet) comprend 2 à 3 m de dolomie jaune pâle, fine, dure, à cassure conchoïdale en bancs de 5 à 15 centimètres. Un banc a livré une faune abondante : *Pecten discites*, *Lima striata*, *Hoemesia socialis*, *Mytilus* sp., *Myophoria vulgaris*, *M. goldfussi*, *M. elegans*, *M. intermedia* et quelques Gastéropodes.

t7. **Keuper inférieur: Marnes grises à noires, à gypse** (50-70 m). Les marnes du Keuper inférieur sont bien représentées dans de nombreux compartiments entre Bergheim et le Sud de Riquewirh.

Ce sont les « Marnes irisées inférieures » de Lorraine (« Salz und Gypskeuper » des nomenclatures allemandes). Cet ensemble est la partie la plus homogène de Keuper, il

est composé de marnes grises à noires, nuancées de vert, très peu bariolées. Les marnes se débitent en fines lamelles ou forment des bancs compacts et durs (marmolites). Du gypse blanc, fibreux ou saccharoïde, y est interstratifié en abondance. A part quelques Esthéries, la faune est extrêmement réduite.

Le gypse du Keuper inférieur a été exploité pour la fabrication du plâtre et pour l'amendement des sols (Tempelhof à l'Ouest de Bergheim et Riquewihr).

t8. **Keuper moyen : Marnes et dolomies à anhydrite** (15-25 m). Difficile à identifier en surface dans la région de Riquewihr, le Keuper moyen présente la succession suivante de bas en haut :

- le Grès à Roseaux, grés-argileux plus ou moins dolomitique ;
- les Marnes irisées moyennes, brunes à rouges, peu épaisses ;
- la Dolomie-moellon ou Dolomie d'Elie de Beaumont, formée de bancs bien lités ou de plaquettes de dolomie gris blanchâtre à anhydrite.

Dans le sondage d'Ilhhausern (3-3), 7 m de marnes gris-vert, plus ou moins dolomitiques avec anhydrite et passages rouges occupant la place du Grès à Roseaux. La Dolomie-moellon est représentée sur 8 m par une dolomie gris blanchâtre, mêlée d'anhydrite (Ricour, 1962).

t9. **Keuper supérieur: Marnes rouges** (40-65 m). Le Keuper supérieur se distingue par sa couleur dominante rouge et violacée. Sur le terrain, lorsque les vignes sont fraîchement labourées, il est reconnaissable sur le flanc sud-est de la colline de Schoenenbourg au Nord-Est de Riquewihr à la couleur violacée du sol.

Lors des travaux de construction du réservoir d'eau au Nord de Riquewihr, des bancs marneux de couleur rouge-brique à lie-de-vin alternant avec des lits gris et verts ont pu être observés.

Dans le sondage d'Ilhhausern (3-3), le Keuper supérieur a été différencié ; il comprend :

les Argiles de Chanville, à la base (17 m) : marnes brun-rouge, plus ou moins dolomitiques, avec quelques passages verts. Anhydrite et gypse assez abondants.

les Marnes irisées supérieures, au sommet (38 m) ; marnes vertes et lie-de-vin en alternance ; on y rencontre des bancs dolomitiques jaunes et très peu d'anhydrite.

11. **Rhétien****. Cet étage n'a pas été formellement identifié sur la feuille Colmar ; 5 m de marnes brunes et bariolées ont été rapportées à cet étage dans le forage d'Ilhhausern (3-3).

LIAS (voir fig. 2)

13a-2. **Hettangien-Sinemurien s. str. : Calcaires et marnes à Gryphées** (10-15 m). Ces couches sont semi-affleurantes sur de grandes surfaces ; elles donnent un sol sombre et lourd, parsemé de Gryphées et de petits blocs calcaires gris. On les rencontre dans des dépressions au Nord de Kientzheim au pied de la colline Rosenbourg, au Sud de Riquewihr, à l'extrémité orientale de la colline Muhlforst, enfin au Nord-Ouest de Bergheim entre le Kantzlerberg et le Grasberg. On y observe de la base au sommet :

- les calcaires et les marnes bitumineuses de la zone à *Schlotheimia angulata* ;
- les calcaires et les marnes grises de la zone à *Arietites bucklandi* qui recèlent en abondance *Gryphaea arcuata*, quelques *Plagiostoma gigantea*, des *Pectens* et des *Rhynchonelles* ;
- les calcaires et les marnes à *Arietites semicostatus* riches en *Pentacrinus tuberculatus* ; *Arietites bisulcatus* a également été identifié dans la région de Bergheim ;
- la série se termine par des marnes grises à petites concrétions phosphatées parsemées de *Belemnites acutus*.

13b. **Lotharingien : Marnes grises** (20 m). Ce sont des marnes grises, parfois finement

** Terrain non affleurant

Fig. 2 : Schéma stratigraphique synthétique du Jurassique p.p.

		Marnes à <i>Rhynchonella alemanica</i>	j ²	inférieur	BATHONIEN	JURASSIQUE MOYEN DOGGER	
	40-60 m	Grande Oolithe Calcaire oolithique blanc avec quelques lits marneux dont un niveau à <i>Cidaris meandrina</i> . <i>Clypeus ploti</i> <i>Echinobrissus rengegeri</i> Lumachelle à <i>Ostrea acuminata</i>	j ^{1c}	supérieur	BAJOCIEN		
	11 m	Marnes noires, intercalations calcaires gris fumé, à <i>Stephanoceras (=Teloceras) blagdeni</i>	j ^{1b}	moyen			
	23 m	Marnes et calcaires marneux à oolithes ferrugineuses à <i>Stephanoceras humphriesianum</i> , Marnes et calcaires marno-gréseux à <i>Sonninia sowerbyi</i> et <i>Emileia sauzel</i> . Marnes micacées	j ^{1a}	inférieur	AALÉNIEN		
	9-11 m	Marnes sableuses et calc. oolithique fer. Calcaires gréseux ferrugineux de la zone à <i>L. murichsonae</i>	j ^{1b}	supérieur			
	30-40 m	Marnes à <i>Lioceras opalinum</i> , argiles gris-foncé avec des traces sableuses au sommet; nodules calcaires gris, concrétions ferrugineuses concentriques	j ^{1a}	inférieur			
	10-20 m	Marnes à <i>Astarte voltzi</i> et <i>Pleydellia aalensis</i> + Argiles marneuses gris foncé, nodules calcaires gris	j ^{1b}	ancien Aalénien inférieur	TOARCIEN		
	9-13 m	Marnes grises à <i>Lytoceras jurensis</i> . Marnes grises bitumineuses, sableuses à "bancs" calcaires	j ^{1a}	ancien Toarcien			
	40 m	Grès calcaire à <i>Pleuroceras spinatum</i> . Marnes argileuses feuilletées grises à <i>Amaltheus margaritatus</i> et marnes à ovides ferrugineuses (au sommet)	j ^{1b-c}	Domérien	PLIENSBACHIEN		JURASSIQUE INFÉRIEUR LIAS
	3-5 m	Banc calcaire à <i>Productyloceras davoel</i> et marnes bleu-noir	j ^{1a}	Carixien	SINÉMURIEN s.l.		
	20 m	Calcaires à <i>Echloceras raricostatum</i> . Marnes grises à <i>Gryphaea obliqua</i> finement sableuses, pauvres en fossiles	j ^{1b}	Lotharingien			
	10-15 m	Calcaires gris et marnes grises "schistifiées" à <i>Gryphaea arcuata</i>	j ^{1a-2}	Sin. s s + Hettangien			

Dressé d'après les observations de terrain (HIRLEMANN, 1970)

sableuses, feuilletées avec des nodules calcaires ou ferrugineux. Elles s'altèrent en masses jaune sale, tachetées de rouille. Ce complexe mameux est pauvre en fossiles ; on y récolte quelques *Gryphaea obliqua*.

Un banc calcaire épais de 0,20 à 1 m, à *Echioceras raricostatum*, couronne la série.

14. **Pliensbachien s. lat.** Le Pliensbachien affleure sur de vastes surfaces (l'abondance des débris d'Ammonites et leur dispersion par les eaux de ruissellement a peut-être conduit à en surestimer l'extension) dans la colline du Sporen et du Hey à l'Ouest de Beblenheim, à l'extrémité orientale de la colline de Schoenenbourg et sur le flanc sud du Kantzlerberg.

14a. **Carixien : Marnes à *Zeilleria numismalis* et Calcaire à *Productylioceras davoei*** (3 à 5 m). Le Carixien débute par les marnes à *Zeilleria numismalis*, marnes bleu-noir à nodules calcaires et concrétions ferrugineuses avec quelques intercalations de calcaire mameux. On y récolte : *Liparoceras*, *Aegoceras capricornu*, *Becheiceras bechei*, *Productylioceras davoei*, *Beaniceras luridum*, *Lytoceras fimbriatum*, *Lytoceras* sp., *Zeilleria numismalis*, *Rhynchonella bouchardi*, *Spiriferina nickfesi*, *S. prorostrata*, *Gryphaea cymbium*, *Alectryonia* sp., *Plicatula spinosa*.

Un banc calcaire de 0,50 m succède aux marnes. Le calcaire gris clair, bleuté, très fin, contient : *Productylioceras davoei*, *Belemnites clavatus*.

Cette faune a été récoltée dans une tranchée temporaire au sommet de la colline de la Hardt.

14b. **Domérien inférieur : Marnes à ovoïdes à *Amaltheus margaritatus*** (35-40 m). C'est un puissant complexe mameux, assez monotone, composé de marnes argileuses feuilletées, gris-bleu, rapidement altérées en ocre, coupées par quelques bancs de calcaire friable. La présence de nodules calcaires et de concrétions ferrugineuses à structure feuilletée concentrique explique la dénomination de « Marnes à ovoïdes » donnée à cette formation. Cet ensemble correspond à la zone à *Amaltheus margaritatus*, relativement rare, qui coexiste avec des espèces mieux représentées telles que *A. gibbosus*, *A. subgibbosus*, *A. transiens*, *A. sotaris*.

14c. **Domérien supérieur : Calcaire gréseux à *Pleuroceras spinatum*** (2 à 3 m). Ce niveau marmo-calcaire, finement gréseux, correspondant à la zone à *Pleuroceras spinatum*, a surtout été identifié grâce à la présence de l'espèce éponyme dans les éboulis.

15. **Toarcien (30 mètres)**. Le Toarcien, identifiable grâce aux débris d'Ammonites épars dans les vignes, est subaffleurant sur les pentes est, sud-est et ouest de la colline de Zellenberg, sur la colline de la Hardt (le long de la Route du Vin), sur le flanc est de la colline du Sporen (au Sud-Est de Riquewihir jusqu'à la ferme Bouxhof) et enfin sur le flanc ouest de la colline du Kantzlerberg.

Le passage du Domérien au Toarcien est marqué par l'apparition de marnes papyracées (ou « Schistes cartons ») et par un renouvellement spectaculaire de la faune à Ammonites : les Amalthéidés disparaissent alors que s'épanouissent un grand nombre d'espèces appartenant à la famille des Hildocératidés.

J. Schirardin (1914, 1938 et 1960), à la suite de travaux minutieux effectués sur la feuille Colmar, a établi une zonéographie fine de cet étage qui comprend de haut en bas : les zones à *Phlyseogrammoceras dispansum*, *Hammatoceras insigne*, *Pseudogrammoceras fallaciosum*, *Grammoceras striatulum*, *Pseudoloceras dumortieri*, *Haugia variabilis*, *Lillia lilli*, *Coeloceras crassum*, *Porpoceras subarmatum*, *Dactylioceras commune*, *Harpoceras falciferum*.

Cette succession est difficile à retrouver sur le terrain ; il est plus aisé de se baser sur des subdivisions lithologiques ; on peut ainsi distinguer de bas en haut :

15a-b. **Toarcien inférieur et moyen : Marnes à rares intercalations calcaires** (8 à

10m). **Toarcien inférieur** (6 à 8 m) (anciennement « Schistes à Posidonomes » ou encore « Schistes à *Harpoceras falciifer* »). Ce sont des schistes argileux papyracés, gris sombre, avec quelques intercalations de calcaires fins et durs, gris sombre, en dalles ou en miches, fétides à la cassure fraîche. *Inoceramus dubius*, *Pseudomonotis substriata*, *Leptolepis bronni*, *Unicardium*, *Variamussium*, *Pseudolioceras lythense* et *Dactylio-teuthis tubularis* ont été recueillis dans ces niveaux.

Le **Toarcien moyen** (2 m) est surtout représenté par les marnes grises phosphatées à Ammonites pyritisées de la zone à *Haugia variabilis*.

15c. **Toarcien supérieur et terminal : Marnes argileuses** (20 à 22 m). **Toarcien supérieur** (1 à 2 m), ou Couches à *Lytoceras jurensis*, composées de marnes grumeleuses, gris foncé, parsemées de concrétions de phosphorites et de quelques nodules calcaires. Des marnes argileuses à *Trochus subduplicatus* et des niveaux à faune pygmée apparaissent à plusieurs reprises. De nombreux débris d'Ammonites calcaréo-phosphatés caractérisent ce sous-étage : *Phlyseogrammoceras dispansum*, *Hammatoceras insigne*, *H. semilunatum*, *Lytoceras jurensis*, *Pseudogrammoceras subfallaciosum*, *P. expeditum*, *P. pedicum*, *Pachyteuthis breviformis*, *Trochus subduplicatus*.

Toarcien terminal : les Marnes à *Pleydellia aalensis* (s. lat.) placées traditionnellement dans l'Aalénien inférieur, sont rattachées ici au Toarcien supérieur, conformément aux vœux émis lors du Colloque sur le Lias français (Luxembourg, 1962). Il s'agit d'une vingtaine de mètres de marnes argileuses peu feuilletées, gris foncé, avec des nodules calcaires de 2 à 15 cm de diamètre, accompagnés de fines particules limonitiques. De nombreux fossiles peuvent y être récoltés : *Pleydellia aalensis*, *Pl. mactra*, *Pl. fuitans*, *Pl. subcompta*, *Cotteswoldia costula*, *Nuculana rostralis*, *Nucula hammeri*, *N. hausmanni*.

DOGGER

16. **Aalénien** (50-60 m). Les zones d'affleurement de l'Aalénien se localisent au Nord de Bergheim, à l'Est de Ribeaupvillé, à Zellenberg, au Nord de Sigolsheim et à l'Est de Niedermorschwihr.

Pendant l'Aalénien inférieur, la sédimentation marnreuse se poursuit avec un faciès semblable aux Marnes à *Pleydellia aalensis*, alors que l'Aalénien supérieur calcaire annonce le Jurassique supérieur.

16a. **Aalénien inférieur : Marnes à nodules à *Leioceras opalinum***. Marnes argileuses gris foncé contenant quelques nodules calcaires et des concrétions ferrugineuses à structure concentrique de 2 à 10 cm de diamètre. Vers le sommet, les marnes se chargent d'un sable fin qui annonce les faciès plus gréseux de l'Aalénien supérieur. Les sondages du Kantzlerberg au Nord-Ouest de Bergheim, et de Kientzheim (6-12 et 6-13) sur le flanc sud du Mont de Sigolsheim, ont atteint ces niveaux. De très rares exemplaires de *Leioceras* cf. *opalinum* ont été récoltés sur le flanc sud du Mont de Sigolsheim.

16b. **Aalénien supérieur : Grès calcaire à *Ludwigia munchisonae***. Relativement résistantes à l'érosion, ces couches peuvent former des entablements tel celui qui porte le village de Zellenberg. Elles affleurent en outre à l'Est de Ribeaupvillé dans la colline du Rothenberg qui tire son nom de la couleur rouge de son sol et au Nord de Sigolsheim, dans la tranchée de la route aux abords du réservoir.

Cet ensemble, couramment désigné sous le nom de Couches à *L. munchisonae*, comprend les zones à Ammonites suivantes :

- zone à *Ludwigia munchisonae* à la base ;
- zone à *Ludwigella* (*Graphoceras*) *concava* au sommet.

Les couches à *L. munchisonae* sont essentiellement calcaires, la fraction détritique sableuse est irrégulièrement répartie ; elles sont caractérisées par le développement d'un faciès ferrugineux (la teneur en fer oscille entre 10 et 25%) qui a fait l'objet

d'une campagne de prospection dès 1940. Les oxydes de fer se présentent en amas pulvérulents ou en fausses oolites conférant à la roche une couleur rouge-brique caractéristique. La roche se débite en dalles souvent couvertes de *Pecten pumilus*, *P. personatus*, *Gervillia hartmanni*.

L'Aalénien se termine par 1 à 3 m de marnes brunes à oolites ferrugineuses de la zone à *Ludwigella concava*.

Bajocien (80 à 140 m). On y distingue un ensemble basai, où alternent les marnes et les calcaires et une partie terminale envahie par un faciès calcaire particulier, la Grande oolithe.

Zones d'Ammonites (de haut en bas) :

- *Parkinsonia parkinsoni*
- *Garantia garanti* et *Strenoceras niortense*
- *Teloceras* (= *Cadomites*) *bladgeni* et *Witchellia romani*
- *Stephanoceras humphriesianum*
- *Emileia* (= *Otoites*) *sauzei*
- *Witchellia laeviuscula*, *Sonninia sowerbyi* et *Hyperlioceras discites*.

j1a. **Bajocien inférieur: Marnes à *Hyperlioceras discites* et Calcaires à *Sonninia sowerbyi*** (14-17 m) ; **Zone à *Emileia sauzei*** (5-12 m). Ces faciès ont été cartographiés sur le Mont de Sigolsheim, sur le flanc sud du Kantzlerberg (Bergheim) et au Sud de Bahlingen (Kaiserstuhl) : ils présentent la succession suivante de bas en haut :

- marnes sableuses et micacées à *H. discites* ;
- marnes grises, jaunes, brunes, bleues ou noires, argiles grises à taches jaunes et calcaires sableux jaune-brun à nombreux *Cancellophycus scoparius* et *S. sowerbyi* ; on y trouve aussi quelques Pentacrines et Posidonomes ;
- marnes bleues et bancs calcaires compacts (« Blaukalk ») de la zone à *E. sauzei*.

j1b. **Bajocien moyen: Marnes et Calcaires à *Stephanoceras humphriesianum* et *Teloceras bladgeni*** (10-22 m). Le Bajocien moyen apparaît sur le flanc du Mont de Sigolsheim et sur le flanc ouest de la colline du Florimont (encadré par deux failles nord-sud à l'Ouest du compartiment de Grande oolithe ; ce compartiment porte par erreur la couleur de jic). Ces deux affleurements sont peu visibles car recouverts par endroits par un épais manteau d'éboulis. La série débute par 4 à 12 m de marnes riches en grosses Bélemnites (*Megateuthis giganteus*), se poursuit par 1 à 4 m de calcaires argileux oolithiques plus ou moins ferrugineux qui ont livré *M. giganteus*, *Stephanoceras humphriesianum* et de grosses Huîtres plissées, et se termine par 5 m de marnes bleu-noir, localement sableuses à nombreuses concrétions. Au Nord de Sigolsheim, ces couches ont fourni : *Lopha* sp., *Megateuthis* sp., *Erigonia costata* et *Terebratula* sp.

j1c **Bajocien supérieur: Grande oolithe** (50-90 m). La Grande oolithe est bien visible dans les carrières abandonnées au Nord de Bergheim sur le flanc sud-est du Kantzlerberg (où l'on peut observer un contact par faille entre le Bajocien supérieur et le conglomérat oligocène), au Nord-Ouest de Katzenthal, sur le flanc nord du Florimont (où les couches sont presque redressées à la verticale) et dans les carrières abandonnées au Sud de Riegel (Kaiserstuhl).

Ce faciès remarquable se développe puissamment et recouvre les deux dernières zones à Ammonites du Bajocien (zones à *G. garanti* et *P. parkinsoni*). Certains auteurs y incluent la base du Bathonien.

La Grande oolithe est formée par des bancs métriques compacts de calcaire oolithique blanc, parfois spathique ou coralligène. La stratification est localement oblique : la masse des calcaires est entrecoupée par de petits lits marnés localement fossilifères. On y récolte des Échinodermes : *Cidaris* aff. *meandrina*, *Echinobrissus rengei*, *Clypeus ploti*, des Huîtres, des Brachiopodes, des Pentacrines et des Hexacoralliaires.

j2. **Bathonien : Marnes à *Rhynchonella alemanica*** (épaisseur supérieure à 10 m). Un seul affleurement de Bathonien a été observé au sommet de la colline du Florimont (au Sud-Est de Kantzenthal). Ce sont des marnes jaunes à *Rhynchonella alemanica*.

ÉOCÈNE

Calcaire lacustre ; Sidérolithique (Bohnerz) (de 9 à 13m en sondage). Au début du siècle, d'anciens auteurs ont décrit au sein des calcaires et des marnes un gisement de fossiles d'eau douce (*Limnaea fusiformis* et *L. michelini*) situé entre la Grande oolithe et le conglomérat oligocène du Mont de Sigolsheim. Ce gisement n'a pu être retrouvé. Seuls des débris de calcaires blancs de type lacustre ont permis de cartographier cette formation ; ils ont été rapportés à l'Éocène (Lutétien vraisemblable) plutôt qu'à la Zone dolomitique du Lattorfien.

Ailleurs, l'Éocène est représenté par des débris de fer sidérolithique en grain (Bohnerz), des brèches et des argiles rouges qui colmatent les fissures de la Grande oolithe ; dans la carrière abandonnée de la colline du Brandhurst, au Nord de Rorschwihr, des échantillons de bohnerz peuvent être ramassés. Les Marnes à Limnées et argiles sidérolithiques affleurent aussi au S.SE du Kaiserstuhl, au Nord de Merdingen au Tuniberg, très légèrement hors du périmètre de la feuille.

OLIGOCÈNE (voir tableau p. 19)

Après l'émersion du futur domaine Vosges—Forêt-Noire au Crétacé et le plissement de large amplitude de la surface prétertiaire, les sédiments éocènes se déposent en discordance sur le Jurassique ; à l'Oligocène, l'effondrement progressif du fossé rhénan coupe en deux le massif Vosges—Forêt-Noire par le jeu de nombreuses failles subméridiennes ; dans le fossé, de grandes aires subsidentes séparées par des seuils, sont envahies par des venues alternativement marines et saumâtres qui déposent des sédiments essentiellement marneux (= faciès marnoux du centre du bassin).

Simultanément, un réseau hydrographique fluvial issu des reliefs mésozoïques qui bordent les deux rives du fossé, dépose le long de la bordure vosgienne et de la Forêt-Noire, dans une avant-fosse de décantation en milieu marin, un matériel grossier conglomératique et des sédiments fins issus de la dénudation active de l'arrière-pays (= faciès conglomératique de bordure du bassin).

g1. Lattorfien : Conglomérats et marnes interstratifiées (faciès de bordure du bassin) (caisson n° 1 de la carte géologique). Les affleurements sont nombreux et occupent la partie la plus orientale des champs de fractures ; les principaux sont situés : au Nord de Bergheim (Kantzierberg), autour de Beblenheim, au sommet du Mont de Sigolsheim, à l'Ouest de Bennwihr, à l'Ouest d'Ingersheim (Florimont et Letzenberg où les conglomérats reposent en discordance sur la Grande oolithe) et au Sud de Wintzenheim (Rothenberg).

Largement représentée dans les champs de fractures, cette série est remarquable par son épaisseur, estimée à plusieurs centaines de mètres ; elle comprend de puissantes formations conglomératiques où s'intercalent des marnes rouges, brunes, vertes ou beiges. Tous les intermédiaires existent entre les conglomérats grossiers et les sédiments fins (conglomérats, microconglomérats, grès conglomératiques, grès calcaires, marnes gréseuses, marnes argileuses).

Les conglomérats répondent au principe de la sédimentation inverse : les niveaux les plus récents contiennent les galets de matériel le plus ancien. Ce principe permet d'établir une chronologie relative mais de valeur locale. Ces conglomérats sont constitués par un assemblage d'éléments plus ou moins arrondis, de taille variable (du millimètre au mètre), mal triés, comprenant toute la gamme des terrains sédimentaires anté-oligocènes ; les galets de socle (granites) sont rares et localisés au sommet de la formation. Quelquefois (flanc ouest du Letzenberg) les galets sont impressionnés

CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES DES FORMATIONS MARNO-CONGLOMÉRATIQUES TERTIAIRES (SITTLER, 1973)

		BASSINS		ZONE DE BORDURE				
		de PECHELBRONN	POTASSIQUE	SÉRIE TYPE (Schirardin 1954)	TURCKHEIM (T) Letzenberg, WETTOLSHEIM (W) Rothenberg, EGUISHHEIM	SONDAGE D'OSTHEIM (2-2)	SIGOLSHEIM	
RUPELIEN	100 m	Marnes à Cyrènes	100 m		Grès en dalles	Couches à Mélettes		
	350 m	Couches à Mélettes	300 m		Marnes sableuses à Foraminifères	Schistes à Poissons		
	5-35 m	Schistes à Poissons	2-17 m		Marnes et sables à <i>Ostrea califera</i> (Eguishheim)	Marnes à Foraminifères		
	10-30 m	Marnes à Foraminifères	5-12 m		Conglomérats à galets de granite, de Grès vosgien et de Muschelkalk (Eguishheim)			
LATTORFIEN	Couches de Pechelbronn supérieures	Zone à gypse et à passées limniques 90 m ----- 50 m		Lattorfien supérieur (> 200 m)	Zone rouge conglomératique		Marnes bariolées avec galets de quartz	
		Zone à sel et nodules d'anhydrite 80 m ----- 400 m			Groupe conglomératique supérieur	Sous-zone bariolée		Marnes rouges Grès en plaquettes Conglomérats à galets de Grès vosgien dominant (Letzenberg)
		Zone bitumineuse supérieure 60 m ----- 100 m				Sous-zone grise		
		sable pétrolière sel gemme et potasse			Sous-zone brune	Conglomérats à galets de Grès vosgien Muschelkalk et Dogger fortement cimentés		
	moyennes	80 m ----- 80 m		Lattorfien moy. (> 40 m)	Zone fossilifère		Marnes rayées gris-verdâtre avec anhydrite restes végétaux et faune typique. Conglomérats calcaires fins	
		Zone fossilifère Marnes à Hydrobies, Bryozoaires, <i>Mytilus</i>			Groupe marno-conglomératique		Conglomérats à galets de Muschelkalk Lias, Dogger. Marnes et grès fins peu conglomératiques à Cyrènes (T) et Cérithes (W)	
	inférieures	150 m ----- 200 m		Lattorfien inférieur (≈ 170 m)	Zone rouge		Marnes et argiles grises et vertes avec conglomérats à galets de Dogger et de Muschelkalk brun-rouge	
		Zone bitumineuse inférieure bariolées et détritiques Marnes rayées grises avec sel			Groupe conglomératique inférieur	Sous-zone limnique	Conglomérats à galets de Dogger, Lias et Muschelkalk	
	Couche rouge : marnes à anhydrite (0-200 m) Zone conglomératique ou marnes salifères (150 m)						Marnes gris verdâtre (parfois brun-rouge) dolomitiques, riches en anhydrite avec passées conglomératiques à galets de Dogger	
	Zone dolomitique	250 m ----- 700 m						
Marnes dolomitiques vertes à Limnées ----- Marnes calcaires grises à anhydrite et sel								
				Lattorfien inférieur (≈ 170 m)		Marnes gris foncé et vertes avec nombreuses passées conglomératiques fines		
				Zone basale		Marnes rouges à <i>Panopaea heberti</i> Conglomérats à galets de Dogger		
LUTÉTIEN							Passées conglomératiques à galets de Dogger Marnes vertes et calcaires lacustres à Limnées Pisolithes ferrugineux et argiles rouges	
							Sidérolithique conglomératique dans une poche du Dogger	

(légèrement imbriqués les uns dans les autres, par dissolution de la portion jointive de chaque galet). Les galets peuvent être enrobés dans une matrice grés-argileuse peu consolidée, ou être fortement liés par un ciment carbonaté. Ces amas de galets sont d'origine fluviale.

Les marnes argileuses interstratifiées dans les conglomérats contiennent une microfaune liasique remaniée, mais aussi des Gharophytes (*Grambastichara conica*) d'âge latorfien accompagnées de *Mytilus faujasi*, espèce commune de la Zone fossilifère de l'Oligocène inférieur. Des débris de bois flottés attestent la proximité des terres émergées. La minéralogie des argiles (illite ouverte et kaolinite) met en évidence l'étroite parenté des dépôts marnés « côtiers » avec ceux du large. On peut donc conclure à des incursions marines plus ou moins franches pendant des périodes limitées.

Les conglomérats dits « côtiers » et les marnes interstratifiées témoignent d'une dénudation active du continent. Alors qu'au large se dépose une série oligocène marnée, les produits grossiers de démolition se décantent en bordure immédiate du bassin. La zone du rivage où interfèrent les influences marines et les apports continentaux oscille d'Est en Ouest.

Trois grandes subdivisions, tenant compte de la fréquence relative de chaque type de galets, peuvent être utilisées sur le terrain :

— **Latorfien inférieur** (200 m environ) ; il débute par des marnes grises auxquelles succèdent des conglomérats où dominent les galets de Grande oolithe (plus de 50 %), quelques galets de grès calcaires à *L. murchisonae*. Puis viennent des marnes rouges à petits galets.

— **Latorfien moyen** (20 à 40 m environ) : marnes et conglomérats, niveaux fossilifères à *Mytilus faujasi*.

— **Latorfien supérieur** (200 m environ) : marnes grises ou bariolées et conglomérats à moins de 50 % de galets de Grande oolithe ; les éléments de Muschelkalk et de Grès vosgien dominent largement ; apparition des galets de granites.

Peu précises, ces distinctions n'ont pas été faites sur la carte géologique.

g1. Latorfien : faciès du centre du bassin, essentiellement marnés, (caisson n° 2 de la légende). Il affleure exclusivement à l'Est du Kaiserstuhl.

Zone salifère inférieure** (325 m au sondage de Bischwihr (7-3), 114 m au sondage d'Ostheim (2-2) environ 200 m à Illhaeusern (3-3) : épaisseur réduite due à la présence du seuil de Colmar ; épaisseur normale : 700 m dans le bassin potassique de Mulhouse).

Base : marnes calcaires grises ou bariolées à anhydrite et sel gemme massif avec niveaux conglomératiques fins (série marine et saumâtre) ;

Sommet : marnes vertes dolomitiques à passées d'anhydrite, niveaux conglomératiques et niveaux d'eau douce à Limnées et restes végétaux.

Zone salifère moyenne (95 à 265 m d'après les sondages de la feuille) ; épaisseur normale dans le bassin potassique de Mulhouse : 400 mètres.

Partie inférieure (équivalent des Couches de Pechelbronn inférieures). Elle affleure ponctuellement au lieu-dit Pfaffenthal et à l'Ouest d'Eichstetten. Ce sont successivement :

— des marnes très peu sableuses, rouge sombre à *Tectochara ulmensis*, *T. minutissima* et *T. meriani*,

— des grès calcaires micacés à grain variable jaune-brun à rouge ;

— au-dessus viennent des marnes grises et brunes cartonnées se débitant en plaquettes et parfois des marnolites compactes.

Partie supérieure (équivalent de la Zone fossilifère). Marnolites en plaquettes bleu-noir à gris en partie rayées se distinguant par l'abondance des Hydrobies et des Ostracodes (un seul affleurement au Sud de Pfaffenthal).

** Terrain non affleurant.

Zone salifère supérieure (86 à 211 m d'après les sondages de la feuille). Épaisseur normale dans le bassin potassique du Mulhouse : 600 mètres. Des faciès variés ont été observés :

- argiles sombres à gypse (*Wasenweiler*) ;
- grès, marnes rouges et calcaires micacés verts au *Käferholz* ;
- marnes rayées et bigarrées à l'Est du lieu-dit *Eichelspitze*, au Sud-Ouest de *Pfaffenthal* ;
- marnes rayées à l'Ouest de *Botzingen* au Nord du point 260.

g1 m. **Zone salifère transformée par métamorphisme de contact.** Longue de 1,3 km, d'une largeur de quelques centaines de mètres, cette bande de Zone salifère métamorphisée est entourée au Sud, de phonolites intrusives responsables du métamorphisme. Le degré de métamorphisme est décroissant vers le Sud et vers l'Est. De petites auréoles de contact s'observent également sur quelques décimètres au voisinage des filons peu importants d'essexites ; les essexites ne sont donc pas responsables de la transformation.

Les couches métamorphisées de la Zone salifère se présentent comme une roche à grain fin et compact, grise à gris-vert parfois finement litée. Elle est très dure et se casse en éclats coupants ; altérée, cette roche devient gris-jaune à brun-rouille.

Quartz, feldspath, calcite et diopside sont les principaux minéraux de ces « cornéennes calcaires ».

g2. **Rupélien.**

Marnes à Foraminifères** (5 m à *Illhaeusern*) (3-3) : marnes argileuses grises et bleues à Foraminifères et rares passées calcaires.

Schistes à Poissons** (10 m à *Illhaeusern*) (3-3) : marnes argileuses feuilletées brunes avec des lits carbonatés.

Couches à Mélettes et marnes à Cyrènes (350 m dans le sondage d'*Ostheim 2-2*) et d'*Illhaeusern* (3-3) ; 400 m dans le bassin potassique).

Couches à Mélettes. Elles affleurent dans l'Est du *Kaiserstuhl* et au N.NE de *Rorschwihr*, ce sont des marnes grises, gris sombre, gris-bleu devenant jaune à brun par altération, plus ou moins sableuses et micacées à passées de grès calcaires lités plus ou moins compacts, micacés, de grain fin à moyen.

Elles ont été subdivisées (*Kaiserstuhl*) à l'aide de microfossiles :

- Couches à Mélettes inférieures à *Spiroplectamina carinata intermedia* et *Cibicides ungerianus*, au Nord de la Phonolite du *Käferholz*,
- Couches à Mélettes moyennes à *Spiroplectamina* (hôtel *Bad Silberbrunnen*, église de *Wasenweiler*),
- Couches à Mélettes supérieures à *Eponides nonionoides* et *Nonionella klemmi* à l'Ouest de *Silberbrunnen*.

Elles sont observables en rive gauche du Rhin entre *Bergheim* et *Saint-Hippolyte* dans une carrière ouverte par la briqueterie de *Saint-Hippolyte* au N.NE de *Rorschwihr* : ce sont des marnes grises finement silteuses à écailles de Poissons.

Marnes à Cyrènes. Elles se distinguent des couches à Mélettes par la disparition des bancs de grès calcaire et sont formées de marnes gris-jaune très altérées à l'Ouest du lieu-dit *Käferholz* (*Kaiserstuhl*).

Chattien : Couches de Niederroedern ou couches d'eau douce** (80 m dans le sondage d'*Illhaeusern*). Marnes et argiles jaunes parfois bariolées rarement sableuses.

MIOCÈNE

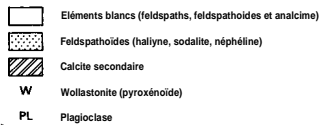
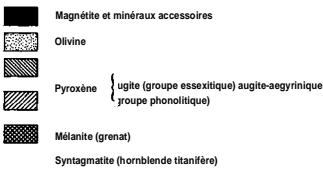
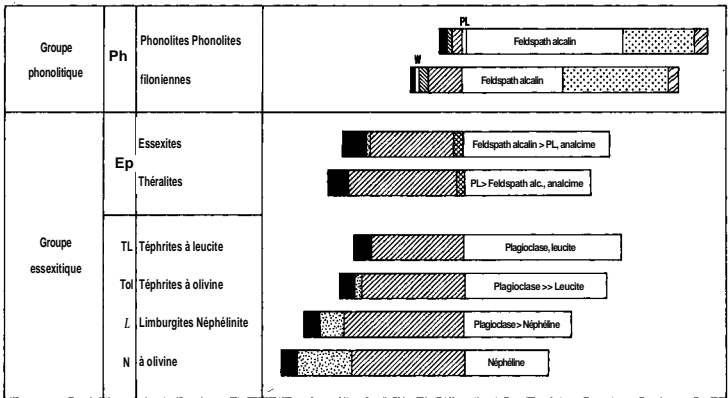
L'édification du volcan du *Kaiserstuhl* s'inscrit dans la période comprise entre

** Terrain non affleurant.

Composition minérale quantitative des principales roches du Kaiserstuhl

(compositions moyennes) d'après WIMMENAUER

(1957, 1959, 1962, 1963).



l'Aquitainien et le Burdigalien. Les divers faciès volcaniques sont décrits dans l'ordre de leur mise en place ; le seul épisode sédimentaire daté du Burdigalien inférieur est présenté à la suite des limburgites au sein desquelles il est interstratifié.

Roches volcaniques (Aquitainien à Burdigalien). (*Pour les terrains marqués d'un astérisque, une analyse chimique est présentée hors-texte par le tableau n° 4*).

Les roches volcaniques du Kaiserstuhl peuvent être classées d'après leur composition pétrographique, en deux groupes (exception faite pour la carbonatite) : le groupe essexitique et le groupe phonolitique (voir tableau p. 22).

Les roches du groupe essexitique (TL ; L, Tol ; N, Ep) sont caractérisées par l'association plagioclase-augite.

La leucite, l'analcime, la magnétite, l'olivine, la néphéline, la hornblende et la biotite peuvent y être associés (le feldspath alcalin et l'haüyne ne sont pas caractéristiques).

Les roches du groupe phonolitique (Ph) sont caractérisées par l'association feldspath alcalin, pyroxène alcalin et un membre du groupe sodalite-haüyne. La mélanite est constante.

La néphéline, l'analcime, la wollastonite et la titanite peuvent y être associés (la leucite et le plagioclase sont rares et non caractéristiques).

Il convient de signaler dès à présent l'intense calcitisation de l'ensemble du massif du Kaiserstuhl. Elle se manifeste à toutes les échelles, depuis la calcitisation des minéraux, des feldspaths en particulier, jusqu'au dépôt de calcite spathique dans les diaclases. Toutefois cette dernière provient pour une part, difficile à évaluer mais faible sans doute, de la décalcification des loëss subjacents sous l'effet des percolations météoriques.

Généralités sur les laves et les tufs volcaniques du Kaiserstuhl.

Les laves. Elles présentent de notables variations d'épaisseur et d'extension à l'intérieur d'un large périmètre.

Les petites unités de lave d'une épaisseur faible (1 m à quelques mètres) ne peuvent guère être suivies au-delà des affleurements. Les grands courants de lave s'étendent sur plus d'un kilomètre et sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur (limburgite $\lambda 2$ (L) : 1 km de longueur sur une épaisseur minimum de 30 m d'épaisseur ; néphéline à olivine (N) du Limberg et du Lützelberg : 1,4 km de longueur et 50 m d'épaisseur maximum. De nombreuses coulées de téphrites par contre accusent curieusement une faible épaisseur.

Les formes de refroidissement des laves ne sont guère caractéristiques dans le Kaiserstuhl ; très peu répandues, elles ne se trouvent qu'au sein des laves compactes des épanchements proches des cratères (colonnes grossières, sphères, allures de bancs imparfaits).

A l'inverse des laves compactes, des laves en blocs et laves bréchiques se forment à la surface et sur les bords des courants de lave en cours de progression et déjà en cours de durcissement ; ces faciès correspondent aux parties externes et aux fronts des coulées, éloignés des cratères.

Le ciment de ces roches est formé de lave durcie, de fragments de roches brisées et de minéraux néoformés dans les vides (carrières du Limberg).

Laves, tufs et tufs bréchiques sont souvent interstratifiés et réalisent ainsi la structure typique d'un stratovolcan.

Les tufs et tufs bréchiques. Ils ont la même composition minérale que les laves et peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur ; leur stratification apparente, plus ou moins nette, est due à la variation de la taille des grains et aux alternances des teintes de la roche. En règle générale, les tufs ne peuvent être suivis latéralement sur le terrain ; seuls les tufs phonolitiques du Limberg affleurent à la faveur de nombreuses carrières sur quelques centaines de mètres.

Laves, tufs et tufs bréchiques du Kaiserstuhl sont recoupés par de nombreux filons d'essexite porphyrique et de phonolithes, exception faite de la zone ouest (Limberg et

Lützelberg) où ils n'ont pas été observés.

TL. Téphrites à leucite,* laves, tufs et brèches. Affleurements caractéristiques : Büchsenberg et Schlossberg (Ouest de Achkarren), Humberg (NW de Burckheim).

Laves : roches noires ou gris foncé à l'état frais, brunes, violettes ou rouges lorsqu'elles sont altérées; compactes et huileuses; à phénocristaux d'augite (1 à 10 mm), cristaux de leucite blanche (1 mm); plus rarement phénocristaux de plagioclase et magnétite, biotite, analcime. Le fond de la roche est massif et vitreux.

Tufs et tufs bréchiqes : accumulation plus ou moins consolidée de blocs décimétriques et de fragments, allant jusqu'à de fines poussières, de téphrites à leucite et téphrites à olivine.

Ciment très compact composé principalement de zéolithes et, accessoirement, de carbonates.

Les tufs polygéniques et brèches de l'Est du Kaiserstuhl (SE de l'Eichelspitze, Wasenweiler) sont les premières manifestations du volcanisme du Kaiserstuhl.

N. Néphélinites à olivine*, laves et tufs. Affleurements caractéristiques : Lützelberg et flanc sud-est du Limberg.

Laves. De couleur gris sombre à noire à l'état frais ; grain fin à très fin ; nombreux phénocristaux d'olivine (0,5 à 3 mm) ; phénocristaux d'augite moins abondants. Le fond de la roche se compose d'augite, de néphéline plus ou moins décomposée en hématite et carbonates qui sont la cause de la coloration en rouge de ces roches.

Au Lützelberg et au Limberg, des enclaves arrondies (2 à 20 cm) composées principalement d'olivines souvent totalement décomposées, sont très caractéristiques.

Tufs. Les tufs de néphéline à olivine se distinguent des autres tufs du Kaiserstuhl par la présence de scories de projection, scories de fusion et de bombes en fuseau ; leur couleur est d'un rouge intense.

L-Tol. Limburgites (L) (basanites) et téphrites à olivine (Tol), laves, tufs et brèches.

L. Limburgites*. Affleurements : Limberg. Ce sont des roches semi-vitreuses compactes, huileuses, de couleur noire à rouge-brun. Des phénocristaux d'augite (0,3 à 1 cm) et d'olivine (0,5 à 3 mm) sont visibles à l'œil nu dans un fond compact ou vitreux. Les augites sont surtout bien nettes sur les surfaces altérées et les cristaux sont souvent bien formés. L'olivine fraîche est reconnaissable à sa couleur vert bouteille ; altérée, elle a une couleur jaune à rouge-brun.

Par définition, le fond de la roche est une masse vitreuse brune, mais dans la coulée du Limberg apparaissent aussi des zones microlitiques à plagioclase et néphéline : ces variétés sont désignées sous le terme de basanites.

Tol. Téphrites à olivine*. Affleurement caractéristique : Föhrenberg à l'Ouest d'Ihringen. Elles se distinguent des téphrites à leucite par une couleur plus sombre et par la présence de quelques olivines ; le plus souvent, les phénocristaux de leucite sont absents et le fond de la roche contient plus de plagioclase que de leucite.

Les téphrites à olivine peuvent passer aux basaltes à olivine par disparition des feldspaths et feldspathoïdes.

m1. Burdigalien inférieur : Mames sableuses, grès calcaires et conglomérats avec des intercalations de tufs volcaniques (15 m). Comprise entre un toit et un mur de tufs polygéniques phonolitiques (intercalés dans des coulées de limburgite), une succession de sédiments variés d'origine fluviale, en niveaux irréguliers se biseautant, présente les faciès suivants dans le petit massif du Limberg :

- mames souvent sableuses, jaunes à rouge-brun, plus rarement verdâtres à grises ;
- calcaires jaune-brun à rougeâtres, en nombreux bancs ;
- niveaux conglomératiques, dont les galets atteignent la taille du poing ; ils rappellent les conglomérats lattorfiens ;
- calcaires dolomitiques (plus rares).

Ces couches ont pu être datées du Burdigalien inférieur par la découverte de restes

de Vertébrés caractéristiques (petit Rhinocéridé, Insectivores apparentés à la Musaraigne et au Hérisson ; Rongeurs apparentés à la Souris et au Loir ; Reptiles : Lézard et Tortue) au sein des tufs dégagés par une carrière située au Nord du Limberg, au pied de la ruine du Limberg.

Ph. **Phonolites* et syénites alcalines.** Sous un même symbole ont été groupées :

- les phonolites intrusives du centre du Kaiserstuhl et les syénites alcalines ;
- les phonolites en dôme de la périphérie.

Phonolites du centre du Kaiserstuhl. Rares affleurements se localisant dans le domaine des carbonatites (Badberg). Roches microlitiques claires blanchâtres ou grises, souvent à enclaves. Feldspath alcalin visible à la loupe et à l'œil nu. Fond porphyrique. Disposition fluidale des feldspaths, fréquente.

Très altérés, en particulier les minéraux noirs : augite-aegirine, mélanite ainsi que les minéraux remplaçant les feldspaths. Souvent le feldspath alcalin est seul conservé ; les autres minéraux sont transformés en carbonates et limonite.

Au pied sud du Badberg, affleure sur 0,5 m au sein de la carbonatite une syénite alcaline gris-bleu à grain moyen ; il s'agirait là d'une forme non décomposée du groupe des phonolites (feldspath alcalin, sodalite, calcite, pyrite, biotite, koppite).

Phonolites en dôme (Kirchberg, Oberschaffhausen, SW de Eichstetten). Elles forment des dômes intrusifs de plusieurs centaines de mètres de diamètre qui recoupent g1 et TL.

Roches microlitiques gris clair ou gris-brun ; porphyroblastes de 0,5 à 2 mm de feldspath, mélanite, augite-aegirine et haüyne.

La phonolite d'Oberschaffhausen est particulièrement riche en aiguilles soyeuses de wollastonite (1 à 2 mm). Au Kirchberg, les porphyroblastes d'haüyne sont de couleur rouge brique.

Ces phonolites englobent de nombreuses enclaves très variées ; roches de profondeur voisines des phonolites, téphrites à leucite, concentrations de wollastonite, granites et gneiss.

Ep. **Essexites et théralites, camptonites, monchiquites*.** Affleurements caractéristiques : ferme König près d'Oberbergen, Sponeck à l'Ouest de Jechtingen, carrière d'Amoltern, carrière de l'Edelberg au Sud de Kiechlingsbergen.

Ce sont des roches grenues de grain fin à moyen, exceptionnellement grossier ; altérées, elles se reconnaissent facilement sur le terrain par leurs mouchetures blanches et noires. Elles se trouvent figées sous une épaisse couverture de laves et tufs plus anciens (TL) ; la forme originelle du corps intrusif a souvent été effacée par la mise en place, dans le même domaine, de très nombreux filons du groupe des essexites (camptonites et monchiquite entre autres) qui dépassent en volume celui des essexites. Plus récente que les phonolites qu'elle recoupe, la mise en place des essexites se situe entre celle des téphrites et celle des brèches polygéniques subvolcaniques.

Lorsque les différences de taille entre les phénocristaux et le fond de la roche sont très accusées, on passe aux essexites porphyriques. Les augites de grande taille, la magnétite (et la biotite) sont reconnaissables à l'œil nu ; occasionnellement, l'on observe la présence de pseudomorphoses d'olivine.

Essexites. Leucocrates, plagioclases, feldspath alcalin, foïdes (souvent décomposés), augite, magnétite (biotite).

Théralites. Mésocrates, plagioclase plus abondant que le feldspath alcalin, foïdes (souvent décomposés), augite, magnétite (biotite, olivine).

Le pourcentage des éléments noirs oscille, en volume, entre 35 et 60 %.

Les roches filoniennes ont une disposition radiale par rapport au centre éruptif ; ce sont essentiellement des :

Monchiquites : lamprophyres à fond vitreux avec plus ou moins de plagioclase ; augite, magnétite (biotite et olivine).

Camptonites : lamprophyres à plagioclase (feldspath alcalin, foïde) ; augite, magnétite (biotite).

Br. Brèches polygéniques subvolcaniques. Affleurements caractéristiques : carrière de Schelingen et Sud de Vogelsang (au Sud de Vogtburg) à Nonnensohl (non représenté sur la carte).

Ces roches intrusives subvolcaniques n'affleurent que dans la zone centrale et orientale du Kaiserstuhl. Les brèches, non recoupées par des filons postérieurs, contiennent des éléments de téphrites, essexites, monchiquites, phonolites et sont par conséquent plus jeunes que toutes les autres formations volcaniques. Leur mise en place succède à celle des essexites (voir tableau au chapitre Volcanisme).

Ce sont des brèches polygéniques dont la taille des éléments ne dépasse pas quelques centimètres dans le Kaiserstuhl central ; à Nonnensohl, d'abondants fragments décimétriques sont observables. A l'état frais, les échantillons ont une couleur allant du gris sombre au vert sombre ; le caractère bréchiq ue apparaît mal. Altérées, ces brèches sont d'un vert sale ou brun rouille ; la texture polygénique est alors très visible et quelques débris d'essexite, de phonolite et de marbre peuvent être reconnus à l'œil nu.

La grande diversité pétrographique des éléments de la brèche n'apparaît qu'au microscope. Ainsi à Schelingen, à Vogtburg et au Badberg, on observe des essexites, des essexites porphyriques, des monchiquites, des phonolites, des syénites néphéliniques, des syénites néphéliniques à haüyne, de la ledmorite, du marbre et des roches silico-calcaires.

A Nonnensohl, ce sont des phonolites variées, particulièrement plagioclasiques, des téphrites et roches associées, des tufs téphritiques, des essexites porphyriques et des ijolites.

Les carbonates forment la matrice des brèches ; les éléments bréchiq ues présentent de remarquables transformations : augite et augites titanifères sont souvent pseudomorphosées en phlogopite et biotite ; mélanite et diopside sont néoformés.

Ca. Carbonatite. Affleurements caractéristiques : Badloch, Vogtburg.

La carbonatite correspond aux dernières manifestations volcaniques du Kaiserstuhl. Localisées dans la zone centrale du Kaiserstuhl entre Schelingen et Vogtburg, ces roches éruptives de grain moyen à grossier, plus rarement à grain fin ou grossier, prennent dans les grands affleurements l'allure de véritables bancs. Cette « stratification » est aussi soulignée par des alternances de lits riches en micas et en magnétite et par des variations de la taille du grain.

Les échantillons frais ne peuvent être récoltés qu'en quelques points. Le plus souvent la roche est altérée, de couleur jaunâtre à brun rouille ; les faciès les plus exposés à l'altération sont gris-blanc.

Calcite, vermiculite (cloisonnant des faciès silicatés et calciques) et magnétite sont reconnaissables à la loupe. L'apatite, la forstérite et ses produits d'altération (koppite et gehlénite) ne sont visibles qu'au microscope. Autres minéraux : diopside, monticel-lite, feldspath, barytine, dysanalyte (CaTiO_3 avec 16 à 26 % de Nb_2O_5) et quartz.

Le pourcentage de carbonates est de l'ordre de 80 %. Une variété de koppite à uranium et thorium a été découverte récemment (1953) dans deux sites de la carbonatite du Kaiserstuhl central (11 % U_3O_8 et 5,5 % ThO_2). *Remarque* : Jusqu'en 1959, trois hypothèses étaient retenues quant à l'origine possible de ces roches alors appelées « marbres métamorphiques ». Certains auteurs (1847 à 1893) considéraient ces roches soit comme étant une forme métamorphique de la Grande oolithe, soit comme des couches salifères métamorphosées (1928 à 1943) ; les auteurs s'accordent à retenir une origine éruptive pour ces faciès (Wimmenauer 1959). Cette conception repose sur les arguments suivants :

- présence au sein des carbonatites d'inclusions anciennes analogues aux phonolites ;
- absence d'essexites et de filons d'essexites porphyriques dans les carbonatites ;
- existence de phénomènes de biotitisation et de carbonatation au sein des phonolites voisines, essexites et brèches polygéniques volcaniques ;

- présence de composants minéraux de Niobium et autres terres rares ;
- structures parallèles pouvant être considérées comme des structures fluidales ;
- problèmes pétrogénétiques posés (et non résolus) par les deux autres origines possibles (Grande oolithe et marnes tertiaires).

		Roches essentiellement à feldspathoïdes			
		Orthose > Plagioclase		sans feldspath	
		Leuco Méso	Mélano	Néphéline	Leucite
Roche de profondeur grenues	Syénites néphéliniques	Esse- Théra- xites lites		Ijolites	Missou- rites
Roches de semi-profondeur, microgrenues	Microsyénite	Microessexite		Micro- Ijolites	
Roches effusives microlitiques, semi-vitreuses	Phonolite	Téphrites Basanites Limburgites		Néphé- linites	Leuci- tites
Roches vitreuses					

CLASSIFICATION SIMPLIFIÉE DES ROCHES VOLCANIQUES DU KAISERSTUHL

PLIO-QUATERNAIRE*

Épaisseur maximale de 246 m dans le sondage d'Eisenheim (4-2). Le remplissage alluvial de la plaine rhénane est désigné sous le terme de Plio-Quaternaire dans les sondages pétroliers qui n'ont pas distingué les sédiments pliocènes des alluvions quaternaires.

Dans le sondage d'Eisenheim, la succession suivante a été observée :

- 0-160 m : graviers plus ou moins grossiers et cailloutis ;
- 160-190 m : argiles jaunes sableuses parfois avec cailloutis ;
- 190-246 m : sables grossiers quelquefois argileux.

QUATERNAIRE

Le Quaternaire occupe une grande extension sur la feuille. La disposition tectonique (fossé d'effondrement) a favorisé l'étalement des alluvions dans la région centrale du fossé, dont l'affaissement s'est poursuivi au cours du Quaternaire. En juxtaposant les panneaux affaissés du fossé et le compartiment vosgien soulevé, elle a favorisé l'intense dissection de ce dernier, qui a fourni des masses importantes de débris. Les alluvions, prédominantes dans les terrains quaternaires, ont une triple origine : vosgienne, de Forêt-Noire et rhénane. Les alluvions vosgiennes et de Forêt-Noire sont constitués par des matériaux issus du socle granitique et gneissique et de sa couverture permo-triasique. Les autres roches n'ont fourni que de faibles quantités de débris identifiables. Les galets sont de quartz, repris en grande partie du Conglomérat principal du Buntsandstein, de granite, de gneiss, rarement de grès. Le

* Le Pliocène n'affleure pas.

sable, formé surtout de quartz et de mica, provient des arènes granitiques et de la désagrégation du grès triasique. Les alluvions rhénanes contiennent une proportion importante de roches alpines (radiolarites, calcaires, gneiss). A ces différences pétrographiques s'ajoutent des différences granulométriques : les apports vosgiens sont généralement plus hétérométriques que les apports rhénans et sont à la fois plus riches en blocs et en sables. C'est pourquoi les deux types de matériaux ont été distingués sur la carte.

Pléistocène.

1 — Mindel. Les dépôts du Quaternaire ancien, dont une partie est peut-être plus ancienne que le Mindel, sont généralement fort différents de ceux du Riss et du Würm. Ils sont très altérés: les galets et même les blocs de roches cristallines sont généralement entièrement pourris, les blocs de grès sont parfois friables et partiellement décolorés en surface (Ribeauvillé). La matrice argileuse, quand elle existe, montre des modifications des oxydes de fer, qui lui donnent une teinte orangée, parfois avec des veinules et des taches claires dues à des phénomènes d'hydromorphisme. Ces dépôts sont souvent très grossiers, riches en blocs métriques, ce qui indique un modelé sensiblement différent de l'actuel et, peut-être, des influences sismiques.

Cv-w. **Colluvions: Argiles, graviers, petits blocs (>2m).** Formation à dominante argileuse, rubéfiée, contenant des fragments de calcaire oolithique provenant des affleurements bajociens du Kantzlerberg. Vers le sommet, présence de concrétions calcaires.

Jw. **Cailloutis des cônes de déjections des vallées vosgiennes.** Ils s'étalent au débouché des vallées vosgiennes et recouvrent les terrains secondaires et tertiaires des champs de fracture des collines sous-vosgiennes (Sud de Ribeauvillé, Nord de Bergheim) et disparaissent vers l'Est sous les lœss (Saint-Hippolyte, Bergheim, Ribeauvillé).

Pw. **Formation d'épandage alimentée surtout par t1 et t2 (Buntsandstein) (glacis).** Ce sont des dépôts riches en blocs métriques, désordonnés avec une abondante matrice argileuse. Tel est le cas de ceux du Bennwihr, observés lors de la reconstruction des villages, après la guerre. Il semble qu'il s'agisse de matériaux de coulées boueuses, étalés au pied des collines et peut-être plus ou moins repris par des écoulements torrentiels.

2 — Riss. Les accumulations de l'avant-dernière période froide se caractérisent par un certain degré d'altération, qui se traduit par une teinte ocre, résultant d'une certaine libération d'hydroxydes de fer. Quelques galets de granite et de gneiss sont pourris et s'écrasent entre les doigts, mais leur proportion est faible (5-10 %).

Fx. Alluvions caillouteuses («terrasses»). Elles forment des terrasses le long des cours d'eau vosgiens dans de rares secteurs affaissés ; les cailloux sont un peu plus grossiers que ceux des terrasses wurmiennes.

Jx. **Cônes de déjections des vallées vosgiennes.** Ils plongent sous le matériel wurmien situé à leur contact ; les cailloux sont un peu plus grossiers que ceux des cônes wurmiens (**Jy**).

Px. **Formations d'épandage sablo-caillouteuses (glacis).** Sur le bord de certains cônes de déjections (cône de déjections de la Weiss), des matériaux d'origine locale ont été étalés par le ruissellement en nappes de graviers et de petits cailloux dans une matrice terreuse. Au Sud d'Ammerschwih, un glacis de ce type remanie du Quaternaire ancien.

Cx. **Colluvions : Argiles, sables, cailloux.** Ce sont des dépôts de pentes périglaciaires, très hétérométriques, dont seuls les plus importants ont été figurés.

3 — Würm. Les dépôts mis en place sous conditions périglaciaires lors de la dernière

période froide sont étendus. Ils sont formés de dépôts de pentes, d'alluvions des rivières vosgiennes, de lœss remaniés ou non, d'alluvions rhénanes en partie fluvio-glaciaires.

Jx-y. Cailloutis de cônes de déjections ; Riss ou Würm, Riss à Würm (Bergheim). Il s'agit d'un cône, mis en place en partie au Würm, sur du matériel rissien qui a été remanié. Les matériaux sont grossiers, avec des blocs métriques et une abondante matrice fine.

FyR-FyR'. Cailloutis d'origine alpine. Ce matériel provient de l'épandage fluvio-glaciaire du Rhin qui s'étalait au Nord de Bâle. Il se compose :

— de lentilles graveleuses de 3 à 6 m d'épaisseur, dont les galets dépassent rarement 15 cm de diamètre, sans matrice sableuse ; certaines lentilles comportent des bancs de sable d'épaisseur très variable,

— de niveaux à galets beaucoup plus grossiers à matrice sableuse.

Au sein des cailloutis wurmiens existe un véritable poudingue, d'une épaisseur de 0,4 à 2 m ; les galets sont cimentés par une croûte calcaire due au battement de la nappe phréatique ; ce conglomérat est caractéristique de ces niveaux.

Le tableau suivant présente le spectre pétrographique moyen de dix prélèvements effectués entre 2 et 3 m de profondeur dans les gravières situées entre Hochstetten et Wyhl (rive droite du Rhin). 400 galets d'une dimension de 0,5 à 3 cm ont été comptés dans chacune des stations. Parmi les gros galets (autour de 20 cm) les roches siliceuses sont dominantes et en particulier les quartzites qui représentent 60 % du matériel. Tous les galets paraissent bien roulés ; les galets calcaires inférieurs à 3 cm sont le plus souvent de forme aplatie.

Calcaires	alpins, souvent gris sombre, dolomies rares, jurassiens et des collines sous-vosgiennes	$\left. \begin{matrix} 41 \\ 1 \end{matrix} \right\} 48 \%$
Grès	calcareux en partie ; la plupart proviennent du Flysch alpin	6%
Roches siliceuses	Quartzites et grès verrucano et du Taveyannaz Radiolarites, calcaires siliceux, cornéennes Quartz, origine alpine dominante	$\left. \begin{matrix} 7 \\ 3 \\ 7 \end{matrix} \right\} 19$
Roches cristallines	alpines : gneiss, amphibolites, granites Forêt-Noire : gneiss, anatexites, granites, porphyres	$\left. \begin{matrix} 6 \\ 1 \\ 7 \end{matrix} \right\} 13\%$
Roches du Kaiserstuhl	Roches volcaniques, poupées du lœss gravière NW de Niederrotweil gravières du Nord du Kaiserstuhl	6 % 0 à 0,3%

NATURE, ORIGINE ET PROPORTION DES GALETS DE LA
BASSE TERRASSE WURMIENNE
DU KAISERSTUHL

d'après SCHREINER (1959)

FyR. Formation intacte des cailloutis d'origine alpine (« basse terrasse du Rhin, Hardt rouge »). (0,9 à 1,8m). La partie sommitale située au-dessus du poudingue calcaire, est caractérisée par un paléosol de couleur brun rouille épais de 0,4 à 0,6 m, contenant de 10 à 30 % de colloïdes décalcifiés, datant soit d'un interstade du Würm, soit de l'optimum post-glaciaire.

En dessous, sur 0,5 à 1,2 m d'épaisseur, se situe un dépôt sablo-limoneux mêlé de petits cailloux (2 à 4 cm) non altérés. Il s'agit de remaniements locaux post-glaciaires de matériel wurmien sous l'effet de crues du Rhin, antérieures à son incision. La teneur en colloïdes est de 10 à 20%, la teneur en calcaire, de 20 à 25%. Cette formation caillouteuse est très fréquemment affectée d'indurations calcaires de deux types, de nappe et travertineuses (coupes BB et CC de la carte géologique).

FyR'. Cailloutis d'origine alpine entamés au cours de l'Holocène (« Hardt grise »). (0,4 à 1m). Il s'agit d'un niveau de creusement dans FyR. L'incision du Rhin a déterminé ce niveau qui s'établit généralement au sommet du poudingue calcaire. Des graviers du Rhin alternent avec des matériaux sablo-graveleux, sablo-limoneux, présentant de nombreuses variations. Épais de 0,4 à 1 m, ils colmatent un réseau de chenaux, anastomosés, rhénans, qui devient de plus en plus dense vers le Nord.

Fy. Alluvions caillouteuses des vallées vosgiennes (« terrasses »). Elles passent graduellement aux cônes de déjections et sont constituées de cailloux et de sables. Elles sont hétérométriques, à la fois plus riches en éléments fins et en gros éléments.

Jy. Cailloutis des cônes de déjections de la Fecht, de la Weiss, du Strengbach et de la Dreisam. Les cônes de déjections sont largement étalés sur le piedmont vosgien au bord de la région affaissée. Leurs caractéristiques varient d'un cours d'eau à l'autre, en fonction de la nature lithologique des bassins et des conditions paléoclimatiques qui régnaient dans ces bassins. Par exemple, le cône du Strengbach, à l'issue d'un bassin aux pentes très raides, est fort grossier et riche en blocs métriques. Les cônes de la Weiss et de la Fecht sont formés de cailloux et de sable, largement étalés, en bancs plus qu'en lentilles. Ils se prêtent, surtout celui de la Fecht, à l'extraction de matériaux de construction.

Le cône de la Fecht est, en réalité, polychronique. Une partie importante du matériel a été déposée au Riss et a subi un début d'altération qui lui donne une teinte ocre et a rendu friables certains galets cristallins. Mais en surface, la plus grande partie du cône a été remaniée au Würm et recouverte de lambeaux de lœss.

De petits cônes se sont aussi formés au débouché des principales vallées du bord ouest du Kaiserstuhl ; ils reposent directement sur la basse terrasse (FyR). Ils sont limités vers l'Ouest par l'entaille holocène du Rhin.

Cy. Colluvions : Arène remaniée, sable limoneux. N'ont été indiqués que les affleurements ne gênant pas la figuration du substratum, de sorte que ces formations sont beaucoup plus étendues que ne l'indique la carte. Il s'agit en général d'arènes remaniées par ruissellement, et étalées en bas de pente. Elles n'offrent guère de stratifications, hormis quelques lentilles lavées. Elles sont hétérométriques, avec une fraction sableuse parfois abondante, des sables, des granules, parfois quelques graviers et petits cailloux.

Dy

FyR. Lœss sableux sur alluvions FyR (« basse terrasse ») ; remaniements éoliens (3 m). Dans la partie nord du Kaiserstuhl, à la limite des alluvions de la basse terrasse (FyR) (entre Sasbach et Wyhl) et dans la zone comprise entre Niederhausen, Weisweil et Riegel, s'élève, à 3 m environ au-dessus de FyR, de légers reliefs, (à dos plat) de lœss sableux. Le dépôt éolien de ces lœss sableux (analogue à celui de dunes littorales) s'est visiblement poursuivi alors que le Rhin avait déjà commencé à entamer les alluvions de la basse terrasse ; cet épisode peut-être daté du Tardi-glaciaire.

Œ, Œy. Lœss indifférenciés ; lœss wurmiens (0 à 30 m). Les lœss sont des limons éoliens, carbonatés. Ils ont été disposés par le vent lors des périodes froides du

Quaternaire dans des conditions de steppe clairsemée, sur des étendues non inondables, ce qui explique leur répartition ; ils sont assez peu étendus en rive gauche du Rhin, où on les trouve essentiellement en bordure des Vosges, sur les terrains non inondés au Würm. Les limons de même nature qui se déposaient sur les plaines inondables ont été décalcifiés et remaniés par les eaux. Ils sont plus compacts et présentent des courbes granulométriques différentes. Par contre, en rive droite du Rhin, le massif du Kaiserstuhl formait un remarquable piège à limons éoliens ; 85 % de sa surface en est couverte ; les épaisseurs peuvent dépasser 30 mètres. Les plus fortes épaisseurs s'observent dans l'Est, le Sud-Est et le Nord ; à l'Ouest, la couverture de loëss, moins épaisse, reste discontinue. Les loëss wurmiens recouvrent sur une faible épaisseur (2 m environ) les alluvions rhénanes wurmiennes (« haute terrasse ») au Nord du Kaiserstuhl ; le passage latéral avec les loëss du Kaiserstuhl est continu. Sur les hauteurs, le loëss ne dépasse pas une altitude de 400 mètres.

Les loëss ont une teneur en carbonate supérieure à 5%, ce qui montre le rôle déterminant joué dans leur formation par la déflation (diminution d'un courant aérien) sur les alluvions rhénanes fraîchement déposées. Dans le Kaiserstuhl, la concentration en CaCO_3 du loëss non altéré, est supérieure à 30 %. Leur granulométrie varie en fonction de la distance de transport : près de l'aire de déflation, elle est assez grossière, avec une certaine proportion de sable fin. Elle devient plus fine au fur et à mesure que l'on s'en éloigne, ce qui fait disparaître les sables fins et fait passer le mode aux environs de 20 microns. Les loëss qui recouvrent par endroits la basse terrasse et le cône de la Fecht, sont issus de transports à faible distance et, de ce fait, relativement grossiers.

A l'Ouest et sur les bords sud et est du Kaiserstuhl, le loëss est finement sableux et parcouru à la base, de passées de sables éoliens. Les variations d'épaisseur et de granulométrie ont amené Hérion (1921) à considérer que les vents dominants du Sud-Ouest étaient responsables du dépôt. Tricart pense que les vents efficaces étaient surtout des vents de l'Est-Nord-Est.

L'identification stratigraphique locale des loëss repose sur les zones décalcifiées (lehm) mais elle ne peut être étendue à cause de la discontinuité des affleurements et du biseautage latéral des niveaux. Les corrélations avec d'autres dépôts du Quaternaire sont impossibles. Cependant la plupart des loëss sont wurmiens et ont été figurés comme tels. Toutefois dans le Kaiserstuhl, certains affleurements (à la limite nord de Bahlingen, à l'Est de Wasenweiler, au Sud de Oberschaffhausen au Seelenberg, dans les carrières de Riegel) permettent de distinguer des loëss d'âge Mindel, Risset Würm. De même, sur les collines sous-vosgiennes proches des nappes alluviales se rencontrent des restes d'altérations et de paléosols, caractérisés par une certaine décalcification (matériaux de teinte plus brune et plus argileux) et par des précipitations de carbonates en forme de concrétions (poupées) et de pseudo-microrrhizes (1). Ces séries ont été cartographiées en « Pléistocène indifférencié » (CE).

La répartition quantitative des formes de Gastéropodes est variable ; identiques dans les niveaux d'âge indifférent, ils ne peuvent servir de repères stratigraphiques. *Trichia concinna*, *Arianta arbustorum*, *Clausilia parvula*, *Succinea oblonga*, *Abida secale*, *Vertigo parcedentata*, *Columella edentula*, *Pupilla muscorum*, *Galba truncatula*, *Paraspira spirorbis*, *Pisidium* ont été cités dans le Kaiserstuhl.

Aucune nouvelle trouvaille de restes de Vertébrés n'a permis de compléter les connaissances acquises par Deecke (1931)- (*Rangifer tarandus*, *Equus germanicus*, *Tichorhinus antiquitatis*, *Mammonteus primigenius*, *Cervus elaphus*, *Megaceros gigantus*, *Bos primigenius*, *Bison priscus*).

(1) Pseudo-microrrhizes : accumulations calcaires affectant la forme de traces de racines ; le phénomène est supposé être d'origine pédologique.

S. Formations de solifluxion de nature variée. Ont été classés dans cette rubrique divers dépôts de pentes périglaciaires plus ou moins remaniés et dont une partie, légèrement altérée, semble anté-wurmienne. La matrice argilo-mameuse, parfois issue de l'Oligocène, est abondante.

HOLOCÈNE

La cartographie des alluvions actuelles et subactuelles a permis de distinguer deux types de nappes alluviales mis en place par le Rhin ainsi que par l'III et ses affluents :

- les matériaux rhénans : toujours calcaires, de dimensions variées (limons, sables et graviers ne dépassant pas 2 à 3 m) et
- les sédiments fins de l'III : jamais calcaires (limons avec une faible part de sables vosgiens).

Entre la route nationale N. 83 et le Rhin se trouve le contact entre la basse terrasse wurmienne (ou cône fluvio-glaciaire) du Rhin et la zone d'ennoyage de cette terrasse recouverte par les apports modernes du Rhin.

Deux coupes schématiques (BB et CC) placées au bas de la carte illustrent la disposition des sédiments de l'III sur ceux du Rhin. Ces dépôts se sont effectués de la fin du Pléistocène jusqu'à la fin du XIXe siècle (date de la canalisation et de la régularisation du Rhin et des rivières alsaciennes).

Le Rhin a d'abord déposé des matériaux fins, du sable puis des limons sur lesquels s'est développé un marécage à tendance tourbeuse (Anmoor) : zone des Rieds, de Ohneheim à Strasbourg. (Les apports du Rhin par des chenaux de crue sont visibles sur la coupe CC).

Ensuite l'III a déposé des limons en commençant par l'Ouest tandis qu'à l'Est la Blind remaniait des matériaux sur place.

« Le Ried » Le terme de « Ried » en dialecte régional, s'applique à une région mal drainée, le plus souvent inondée en période de crue de l'III et de ses affluents, ou du Rhin.

Elle n'est généralement ni cultivée ni habitée, mais réservée aux prairies de fauche et aux taillis. Elle porte une flore et une faune riches en espèces rares. Les sols y sont minces et fragiles, facilement emportés par les crues lorsque la protection végétale y fait défaut et vite épuisés lors d'une mise en culture sans précaution.

Pédologues et agronomes ont pris l'habitude de distinguer ;

- le « Ried brun » où dominent les limons de débordement de l'III de couleur ocre-brun (= Ried gris de Carbiener),
- et le « Ried noir », formation très particulière à sols hydromorphes et de couleur noire.

Ces appellations ont été conservées par commodité ; une formation voisine (« Ried brun » de Carbiener) inondée récemment encore par les crues du Rhin, y a été ajoutée.

1 - Alluvions du Rhin

FzR

Fy Alluvions rhénanes post-glaciaires à historique : dépôt discontinu de chenal sur alluvions wurmiennes(1) (0,4 à 1 m). Ce sont des alluvions sablo-limoneuses remaniant FyR et qui colmatent des réseaux plus ou moins continus de chenaux anastomosés. C'est par ces chenaux de direction SE-NW, puis Sud-Nord, que les crues du Rhin pénétraient jusqu'aux Rieds noirs, avant que le creusement du Rhin dans les alluvions subactuelles (Fz4R) ait mis fin à ces écoulements. Un lambeau de cette formation semble subsister vers Colmar.

Fz1R. Cailloutis rhénans remaniés à partir du début de l'Holocène. Les cailloutis rhénans forment le substratum de toutes les formations holocènes de l'III. La taille de

(1) Pour les saisons FzR à Fz4R, se reporter aux coupes BB et CC de la carte géologique.

ces galets est toujours inférieure à 6 cm, ce qui les distingue des graviers de FyR (cailloutis wurmiens alpins entamés au cours de l'Holocène), et généralement inférieure à 4 centimètres. Là où ces graviers affleurent, ils constituent vraisemblablement les vestiges d'anciennes levées alluviales antérieures aux limons post-romains et actuels de l'III (FZ3-4).

Fz2R. Sables et limons rhénans du Préboréal à l'Atlantique (« Ried noir » du Rhin) (0,8 à 2 m). Sables fins, limons et argiles finement stratifiés (Fz2R avec surcharges ponctuées sur les coupes) ; 65 % des sédiments sont inférieurs à 50 microns. Les sédiments ont une épaisseur de 0,80 m allant jusqu'à 2 m quand ils fossilisent d'anciens chenaux. Ils reposent sur les graviers rhénans (Fz1R) ; en profondeur, on observe parfois un début de concrétionnement calcaire par battement de la nappe. La mise en place de ce matériel semble être celle de cuvettes de décantation, c'est-à-dire une sédimentation alluviale d'éléments de plus en plus fins, la phase terminale étant une dépression marécageuse avec formation de sols hydromorphes (Anmoor du Ried noir) (Fz2R sans surcharge sur les coupes).

Ces formations ont été datées par analyse pollinique (Oberdorffer et Elhai, Institut de Géographie de Paris). L'arrêt de la sédimentation après l'Atlantique paraît correspondre à un assèchement climatique mais peut-être aussi à des changements de disposition des chenaux du Rhin qui étaient à l'origine de l'alluvionnement.

FZ3/7. Limons et sables historiques. Limons et sables calcaires rhénans actuels ou subactuels, d'aspect frais, de granulométrie variable, formant en particulier les levées du Rhin entre Kunheim et Saasenheim ; ce matériel provient du remaniement de la terrasse du Rhin.

FZ4R. Alluvions subactuelles : Sables et graviers (« Ried rhénan »). Sables et graviers sont issus du remaniement du matériel de la nappe wurmienne d'origine alpine. La plupart des galets ont une longueur inférieure à 7 cm, les galets de plus de 10 cm sont rares. La fraction sableuse constitue 30 % du dépôt, caractérisé par un tri lenticulaire net de 0,10 à 0,60 m d'épaisseur. Ces alluvions occupent d'anciens chenaux du Rhin. Elles ont une plus large extension au Nord de Marckolsheim.

Composition pétrographique et pourcentage des galets ; calcaires 37 %, quartzites 45 %, grès 7 % et roches cristallines 11 %.

2 - Alluvions de l'III

La majeure partie de la vallée de l'III est occupée en surface par des dépôts à texture fine, limoneuse, sablo-limoneuse parfois sablo-graveleuse. Ce sont des dépôts d'inondation non calcaires, leurs principales caractéristiques les rapprochent des limons de débordement (Auelehm). La granulométrie peut varier en fonction de l'éloignement des sédiments par rapport au lit mineur ou par suite de remaniements locaux entraînant un nouveau triage lors des crues postérieures.

En général, 70 à 80 % des dépôts sont composés de grains inférieurs à 50 microns et 8 à 20 % correspondent aux sables de 50 à 200 microns. Par, contre, dans des zones d'extension réduite, dominent les sables et les graviers (FZ4I et FZ4J).

FZ3-4I. Limons post-romains et actuels de l'III (1 à 3 m). Ce sont les limons de débordement les plus étendus, de couleur ocre et brune. Réduits, au Sud, à une bande étroite correspondant à la zone d'inondation de l'III, ils s'étendent largement au Nord. A la hauteur de Colmar et de Houssen, les limons forment deux levées alluviales correspondant à deux positions successives de l'III. Leur texture sablo-limoneuse très variable (70 à 80 % < 50 microns, 40 % entre 10 et 30 microns).

L'épaisseur des limons varie de 1 à 3 m ; la majeure partie du dépôt s'est mise en place postérieurement à l'installation du camp romain d'Argentovaria (Horboung), datant des I et II siècles après J.C. et dont les vestiges sont recouverts par ces limons.

Au Nord d'IIIhausern, le dépôt se continue actuellement.

Fz4I. Alluvions sablo-limoneuses actuelles et subactuelles (« Ried brun » de l'III)

(0,4 à 1 m). Dépôts de type limons de débordement ; ils colmatent un ensemble de chenaux parallèles à l'III, creusés dans la nappe alluviale rhénane (Fz1R).

— 70 à 80 % du matériel est d'une taille inférieure à 50 microns ;

— 30 à 40 % est compris entre 10 et 30 microns.

L'épaisseur de ces dépôts varie entre 0,4 et 1 m selon la profondeur du chenal colmaté.

Fz4/. **Limons de l'III, remaniés à l'époque subactuelle et actuelle** (1 à 2,5 m). Sables limoneux non calcaires ou décalcifiés contenant parfois des graviers altérés et friables ; la proportion de limons augmente en surface. Cette formation d'une épaisseur de 1 à 2,5 m repose aussi sur la nappe alluviale rhénane (Fz1R) qui forme le soubassement général des formations alluviales de l'III. Elle correspond aux limons de débordement proches du lit mineur, comblant souvent d'anciens chenaux ou bras de crue.

Fz. **Cailloutis («terrasse dite holocène »)** (1 à 2 m). Alimentées par la Fecht, la Weiss, le Strengbach et le Bergenbach, ces alluvions sont formées de sables limoneux avec graviers d'origine vosgienne.

A l'Est du Kaiserstuhl, ces alluvions épaisses de 1 à 2 m sont constituées de sable très argileux provenant de la Forêt Noire (Schwarzwaldsand) et parfois recouvert de tourbe.

CFœ. **Remblaiement limoneux: Löss remanié (Kaiserstuhl)** (0 à 4m). Le massif du Kaiserstuhl est entouré par une auréole presque continue de löss flotté ; des masses particulièrement abondantes de löss flotté issu des vallées, sont répandues sur le bord sud.

Les löss remaniés se distinguent du löss primaire (au Nord du Kaiserstuhl) par l'absence de profils d'altération ; on y observe souvent une stratification et parfois la présence de lentilles de graviers.

Remaniement et dépôt se poursuivent encore actuellement : chaque grosse pluie entraîne d'importantes quantités de löss, des pentes vers la plaine. Ce dépôt aurait débuté dès le Néolithique à la suite de défrichements et de mises en culture.

L'épaisseur des löss flottés à été évaluée à 4 m à la gare d'Ihringen (où ils surmontent les graviers rhénans) ; elle n'est que de 0,5 à 1 m dans les petites vallées sèches du Kaiserstuhl (où ils reposent sur des löss récents primaires). Dans les vallées plus importantes, le löss flotté holocène à niveaux de galets et de tourbe, recouvre sans limite distincte un löss flotté pléistocène plus riche en gravier.

Ces löss ont été mis en place soit par entraînement par les cours d'eau, soit par glissement de masses lössiques non consolidées ou encore par éboulements de masses de löss accumulées sur les versants abrupts.

T. **Formations tourbeuses** (0,3 à 2 m). Elles couvrent la plaine à l'Est de Wasenweiler (Kaiserstuhl) et s'étendent vers le Sud-Est jusqu'au pied du Tuniberg (hors périmètre de la carte). Originellement tourbes à *Carex* et à *Phragmites*, à abondantes impuretés minérales, les formations tourbeuses ont souvent été décomposées sur toute leur épaisseur par le drainage et la dessiccation ; elles constituent les terres marécageuses (Moorerde).

De nombreux forages ont montré que la surface tourbeuse du Ried de Wasenweiler s'est développé sur les graviers rhénans sur une épaisseur de 0,3 à 0,5 m (T/FZ) ; dans les chenaux peu profonds qui entaillent cette terrasse holocène, l'épaisseur de tourbe atteint un maximum de 2 mètres.

Au pied du Kaiserstuhl, les niveaux tourbeux sont cachés par un recouvrement de löss flotté (CFœ/T).

D'après les analyses polliniques, les niveaux tourbeux se sont développés au Préboréal et au début du Post-Glaciaire pour s'achever à l'Atlantique.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

GÉOLOGIE STRUCTURALE

1 - LE SOCLE

Les éléments dont on peut disposer au sujet du socle ne permettent pas à l'heure actuelle d'établir une synthèse. Certains points méritent cependant de retenir notre attention.

a) La zone des écaillés de Ribeauvillé (zone du socle à l'Ouest de Ribeauvillé). Le trait dominant de cette zone est la juxtaposition d'une lame de granite syncinématique ($\gamma_1 d$) à pendage $75^\circ S$ et d'une étroite bande de gneiss orientée E-NE—W-SW, épargnée par l'intrusion du granite tardif à deux micas du Brézouard ($\gamma_1 c$). La lame dite du Bilstein est chevauchante et pourrait résulter d'une poussée qui s'est exercée du Sud vers le Nord ; la phase terminale de ce chevauchement s'est traduite par des laminages et arrachements bien visibles sur les sites des châteaux de Ribeauvillé. Simultanément à ce chevauchement, un déplacement tangentiel du domaine septentrional s'est effectué de l'Est vers l'Ouest.

Le point de rencontre de ces dislocations (est-ouest) avec la faille vosgienne (nord-sud) est le siège d'intenses broyages et silicifications (Schlüsselstein). La mince bande de gneiss laminé (et de migmatites) dite de la Pépinière est aujourd'hui limitée au Nord par le granite du Brézouard ; avant l'intrusion de ce dernier, le gneiss passait au granite métasomatique dit des Verreries où de grands feldspaths foisonnent, fréquemment alignés selon d'anciennes structures ou au gré des sollicitations tectoniques qui ont accompagné la mise en place de la zone chevauchante.

Tout cet ensemble est perturbé par les failles post-triasiques nord-sud d'Aubure qui délimitent un petit champ de fractures interne entre la zone de la pénéplaine et le domaine des crêtes à l'Ouest.

b) Le domaine des migmatites (gneiss *pro parte*). S'il est possible de mesurer des directions, des foliations, des pendages dans les septums et les enclaves, il est pratiquement exclu de reproduire une ancienne architecture d'ensemble. De plus, la superposition des effets d'au moins deux orogènes et de la réactivation hercynienne a brouillé les anciennes structures.

De nombreuses failles subverticales sillonnent également ce domaine, suivant des directions très variables où dominent les orientations N $30-40^\circ$ et N $135-155^\circ$. L'absence d'affleurements assez continus n'a pas permis de reconstituer ce réseau de failles et de le représenter de manière cartographique.

c) Le système de failles entre Zimmerbach et Katzenthal. On se trouve dans le prolongement nord-est de la grande faille de Wasserbourg—Soultzbach (feuille Munster). Au lieu d'une cassure nette, l'on observe un écaillage accompagné de formations locales de mylonites. Une bonne coupe est visible sur la route de Niedermorschwihr aux Trois-Épis. Le faisceau de failles perd de sa vigueur vers le Nord en se démultipliant.

2 - LES CHAMPS DE FRACTURES

Situation géographique. Les collines sous-vosgiennes correspondent strictement aux champs de fractures. Elles s'étendent en feston entre la plaine subhorizontale et les reliefs, depuis Saint-Hippolyte jusqu'à Wettolsheim, soit sur une vingtaine de kilomètres. La largeur de cette zone oscille entre 1 km à la hauteur d'Ingersheim et 4 km à Riquewihr.

Situation géologique. Dans la zone de champs de fractures, on reconnaît une unité principale : le champ de fractures de Ribeauvillé, qui s'étend selon une direction S.SW—N.NE d'Ingersheim à Saint-Hippolyte, et une bande plus étroite qui rejoint le

champ de fractures de Guebwiller situé plus au Sud.

L'essentiel du champ de fractures de Ribeauvillé se développe au pied de la zone orientale des Vosges moyennes constituée par les terrains cristallophylliens du socle.

La terminaison septentrionale abrupte du champ de fractures se trouve en face des granites varisques du Brézouard et du Bilstein. Vers le Sud, le champ de fractures s'amenuise au niveau de deux autres granites varisques (granite de Turckheim et de Wintzenheim).

Dispositif structural. Les champs de fractures sont limités à l'Ouest par la faille vosgienne et à l'Est par la faille rhénane. Ces deux failles majeures se confondent en un accident unique à la hauteur de Saint-Hippolyte.

La faille vosgienne est l'accident qui met en contact le socle (gneiss et granites) avec des terrains sédimentaires post-paléozoïques. Il s'agit en fait d'un faisceau de failles qui se relaient selon un tracé en baïonnette. Le rejet de la faille vosgienne qui atteint plusieurs centaines de mètres est plus faible là où le champ de fractures est le plus large. Cette faille se traduit dans le paysage par un escarpement nettement perceptible.

La faille rhénane met en contact les terrains secondaires et tertiaires côtiers avec les sédiments tertiaires du centre du bassin. Elle est approximativement située au lieu d'ennoyage des collines sous le tapis alluvial de la plaine. Son rejet est d'environ 100 mètres.

Ainsi délimité, le champ de fractures de Ribeauvillé dessine un croissant d'allongement N 20°, c'est-à-dire parallèle au fossé rhénan.

Un réseau complexe de failles se développe entre la faille vosgienne et la faille rhénane ; on distingue des failles longitudinales (N 10 à N 70°) qui découpent des lanières juxtaposées, pincées aux extrémités, et des failles transversales (N 90 à N 150°) qui fragmentent les lanières en compartiments trapézoïdaux.

Mise en place. La formation du fossé rhénan et la surrection des massifs bordiers durant l'Oligocène est assumée en grande partie par les champs de fractures. L'effondrement (taphrogenèse) s'amorce par une flexure qui s'exaspère rapidement en une ou plusieurs failles de bordure. L'érosion arase la couverture sédimentaire et les « mers » oligocènes envahissent et comblent progressivement le fossé. Le recouvrement différentiel se poursuit et les failles longitudinales de bordure se multiplient. Des dislocations transversales vraisemblablement postérieures morcellent les lanières. Les compartiments acquièrent une relative indépendance et jouent « en touches de piano », à l'intérieur d'un dispositif général en « marches d'escalier ». Ces failles ont probablement rejoué postérieurement avec un déplacement tangentiel des compartiments. Les mouvements tectoniques s'amplifient au Pliocène et se poursuivent durant le Quaternaire.

Le dispositif structural qui en résulte est illustré par le bloc-diagramme hors-texte. La surface de référence dessinée est la base du Trias ; l'image ainsi obtenue est en quelque sorte l'écorché du socle débarrassé de sa couverture sédimentaire.

Le rejet total, entre le point le plus haut (sommets du Brézouard) et le point le plus bas du fossé, est de l'ordre de 3 000 mètres.

3 - ÉLÉMENTS DE TECTONIQUE QUATERNAIRE ; CONSÉQUENCES HYDROLOGIQUES

Au cours du Quaternaire, la basse terrasse, au Nord du Kaiserstuhl, connaît une subsidence constante, le horst d'Istein (au Nord de Bâle) accusant au contraire une tendance au soulèvement.

Il en résulte un gauchissement de l'ensemble de la terrasse et l'apparition, au Sud de Breisach et jusque dans le Sundgau, de gradins d'érosion successifs. Ainsi au Nord de Markolsheim, du fait de la subsidence, les dépôts du Quaternaire ancien disparaissent progressivement sous les dépôts plus récents de la basse plaine du Rhin, largement étendue vers l'Ouest; les crues du fleuve ne rencontrent plus le talus bordant la terrasse wurmienne et dominant la plaine jusqu'à Breisach.

Des mouvements diapiriques, dus à la présence du bassin salifère tertiaire, boursoufflent localement la terrasse wurmienne et forment une série d'anticlinaux entre le Rhin et les rivières vosgiennes. Le plus important est constitué par une dorsale qui élève les alluvions de la terrasse de Rustenhardt (feuille Neuf-Brisach) à Marckolsheim, et qui sépare le Ried de Nil du Ried du Rhin vers Hessenheim.

A l'Ouest, on note un plongement des différents cônes quaternaires des rivières vosgiennes vers l'Est et une zone de subsidence locale centrée sur Illhaeusern.

Ces mouvements tectoniques récents ont une influence certaine sur l'organisation du réseau hydrographique.

L'affaissement de la terrasse au Nord du Kaiserstuhl engendre une brusque diminution de pente du fleuve et l'étalement des eaux sur la terrasse wurmienne qui plonge sous les alluvions modernes ; les crues du Rhin ont ainsi pu atteindre la zone des Rieds.

La dorsale diapirique empêche l'Ill de se joindre au Rhin ; elle impose à Nil un long cheminement qui la conduit jusque dans la région déprimée des Rieds au Nord de Colmar où une nouvelle subsidence du cône de la Weiss (enjambé par le cours de la Fecht) leur imprime une perte de vitesse et un étalement des eaux en de multiples bras.

Ce n'est qu'au Nord de Marckolsheim que les premières tentatives de jonction entre le Rhin et l'Ill s'ébauchent, comme le montre l'imbrication des différentes sédimentations. Cette tentative se poursuit à travers les Rieds d'Ohnenheim, l'Illwald et le Ried de la Zemb jusqu'aux portes de Strasbourg.

MÉTAMORPHISME ET MAGMATISME

L'ensemble des formations devenues cristallophylliennes a été métamorphosé une première fois dans une lignée de haute à très haute pression, durant une phase au moins précambrienne, une seconde fois dans une lignée de pression modérée à basse pression à l'orée des temps hercyniens. Ce second métamorphisme s'est accompagné d'une métasomatose potassique intense, d'où la tendance syénitique de beaucoup de matériaux du socle. Cette réactivation a conduit à des phénomènes d'anatexie et à la formation de granites. Mais la région a été pratiquement exempte d'activité magmatique. Comme on l'a souligné plus haut, seul le granite du Brézouard, tardi-hercynien, avec ses filons, est d'origine magmatique. Tout à fait au Sud de la feuille, le granite de Wintzenheim annonce le plutonisme propre aux Vosges méridionales dont la limite nord se situerait à la hauteur de Colmar.

LE VOLCANISME TERTIAIRE DU KAISERSTUHL

Après les dépôts de l'Oligocène supérieur, une tectonique de faille suivie d'érosion précède les premières manifestations volcaniques. Les premiers tufs, polygéniques (différenciés en profondeur tufs essexitiques et tufs phonolitiques), et les brèches recouvrent en discordance les sédiments oligocènes érodés (Zone salifère moyenne à Rupélien) dans l'Est du Kaiserstuhl.

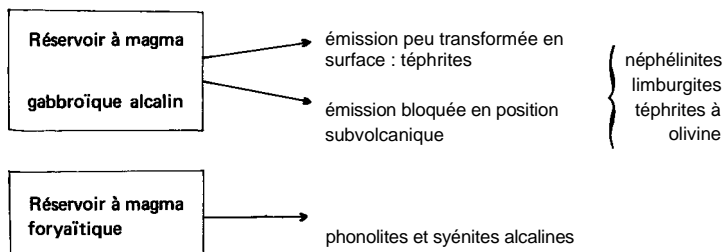
Une tectonique de soulèvement et de fractures se manifeste pendant tout le déroulement polyphasé du volcanisme (Aquitainien à Burdigalien). Issus de plusieurs cheminées, les laves et les tufs de téphrites à leucite édifient un stratovolcan ; vers l'Ouest, ce même matériel différencié en profondeur s'épanche sous forme de téphrites à olivine, de néphélinites à olivine et de limburgites. Cette phase du volcanisme peut être datée avec certitude du Burdigalien, grâce aux sédiments fossilifères interstratifiés au sein de la limburgite du Limberg (le fossé du Limberg se forme à cette époque).

Aux phonolites intrusives du cœur du massif qui transforment par métamorphisme hydrothermal les calcaires oligocènes en cornéennes calcaires, succèdent les roches essexitiques, les roches de profondeur qui leur sont associées et les brèches

subvolcaniques.

La carbonatite et les minces filons calcaires marquent les dernières phases de l'activité volcanique qui se poursuit par une tectonique post-volcanique. Du Miocène supérieur à l'Actuel, une intense érosion du volcan réduit l'altitude du Kaiserstuhl central de plus d'une centaine de mètres.

L'émission alternante et répétée de roches de la famille essexitique et phonolitique, sans termes intermédiaires, conduit à considérer la présence en profondeur de deux réservoirs distincts dont les produits libérés séparément dans le temps se retrouvent en contiguïté cartographique.



SUCCESSION CHRONOLOGIQUE DES ROCHES VOLCANIQUES DU KAISERSTUHL

ROCHES DU GROUPE DES ESSEXITES	ROCHES DU GROUPE DES PHONOLITES
Filons de calcite	
Filons du groupe des essexites	Filons phonolithiques et roches associées
Carbonatite (Ca)	
Brèche polygénique subvolcanique (Br)	
Monchiquite (Ep) Essexites et théralites prophyriques (Ep) Essexites - Théralites (Ep)	
	Phonolites intrusives du centre du Kaiserstuhl, Phonolites en dômes (Ph)
Téphrites à olivine (Tol), Limburgites (L), Néphélinites à olivine (N). Téphrites à leucite, laves et tufs (Tl).	Tufs phonolithiques
Tufs polygéniques de l'Est du Kaiserstuhl (Tl <i>pro parte</i>)	

OCCUPATION DU SOL

LE VIGNOBLE ALSACIEN ET SON SOUS-SOL

Du point de vue géologique, les terrains du vignoble peuvent être classés en quatre grands groupes :

- 1 — Les terrains, constitués par le Buntsandstein et les arènes granitiques, sont localisés à la limite socle—champs de fractures ;
- 2 — Les terrains calcaires, où se rangent les zones à Muschelkalk et Grande oolithe,

sont fortement fracturés et permettent une infiltration rapide des eaux superficielles ; il en résulte des sols caillouteux et secs ;

- 3 — Les terrains argilo-marneux, formés par le Muschelkalk moyen et surtout le Keuper et le Lias, donnent des terres lourdes et imperméables ;
- 4 — Les terrains marno-calcaires, recouvrant les conglomérats oligocènes, sont souvent imperméables par la présence de marnes ; leur nature calcique est due à l'abondance des galets de calcaires.

Ces différentes catégories de sols sont nuancées par les remaniements et les recouvrements quaternaires (colluvions, alluvions et glacis) qui forment un manteau d'épaisseur variable.

De la nature géologique du sous-sol et du sol, dépendent les caractères physiques et chimiques du milieu auquel doivent s'adapter le porte-greffe (la partie végétative) et le greffon (dont dépendent les résultats qualitatifs) de la vigne. Selon que le sol constitue ou non un obstacle à la progression des racines, selon la position de la nappe des eaux par rapport à la surface, selon ses caractères thermiques, etc., il convient de choisir entre les porte-greffes à système racinaire traçant, pivotant ou intermédiaire. Il en va de même pour les affinités biochimiques des porte-greffes qui sont sélectionnés en fonction de la nature chimique du milieu.

En raison de l'extrême variété et du morcellement du substratum du vignoble, il serait utile de dresser une cartographie des porte-greffes intimement liée à la cartographie géologique.

VESTIGES ARCHÉOLOGIQUES

CARTES DES SITES ARCHÉOLOGIQUES

L'ensemble des sites archéologiques a été reporté sur la carte géologique qui fait ainsi office de carte des sites archéologiques. Cette carte est le seul moyen d'éviter à l'avance que les sites ne soient détruits par les chantiers de travaux publics ou autres ; elle permet l'intervention sur le terrain lorsque les sites sont menacés et méritent d'être étudiés avant leur destruction, lorsque celle-ci n'a pu être évitée.

LE HAUT RHIN AVANT L'HISTOIRE

Le Paléolithique. Il n'y a pas d'implantation vraie durant le Paléolithique. Les seules traces sont celles de chasseurs de gibier (ossements à Eguisheim). Des silex de petite taille, non retouchés ont aussi été trouvés.

Le Néolithique.

1 - Le Danubien. On observe une invasion de gens venus du Danube avec sédentarisation (élevage + agriculture) qui persiste au-delà du Néolithique rubané d'Europe centrale : présence d'îlots à l'Est et à l'Ouest du Rhin, limités au Sud par Belfort et la Suisse, et au Nord au niveau de Colmar. Ces peuples se sont installés sur le loess.

C'est une civilisation du Rubané, qui évolue sur place vers un « poinçonné » qui n'en est pas, tout en étant contemporain du début de l'Âge du bronze.

C'est la première implantation, comme à Merxheim, par trois niveaux successifs en superposition parfaite, qui a permis de fixer l'âge exact des niveaux rubanés de Rouffach, de Colmar, de Wettolsheim (4^e et 3^e millénaire avant J.C.). C'est un Rubané tardif caractérisé par :

- des bols à fond rond, des vases ;
- des types humains méditerranéens (individus de petite taille), enterrés suivant le sexe, avec un collier ou une hache.

Il n'y a pas de pénétration dans le Ried, pas de pénétration dans les collines sous-vosgiennes, pas d'extension au Nord de Colmar.

2 — *Les Glockenbecher*. Ce sont des prospecteurs de bronze, des colporteurs qu'on retrouve en Espagne et pratiquement dans toute l'Europe. Ils sont connus par 4 ou 5 tombes de gens de passage qui se sont fait enterrer là avec leur matériel (surtout des gobelets). Une tombe à Künheim en a révélé le type ; individus de grande taille, au crâne haut et aplati (le squelette est exposé au Musée de Colmar).

Ce sont des prospecteurs qui pénètrent le Ried par le Sud au cours du 2^e millénaire avant J.C.

L'âge de bronze.

1 — *Le bronze ancien et moyen*. Il est mal connu. Alors que la civilisation est riche dans le Bas-Rhin, elle est très pauvre dans le Haut-Rhin. Cette population réduite n'est d'ailleurs pas implantée sur les sites néolithiques.

2 — *Le bronze final*. C'est l'époque des champs d'urnes, l'époque des incinérations. On trouve des tumuli, avec des points d'incinération ; les corps sont incinérés, les ossements ramassés et mis dans des urnes épaisses et de grande taille.

On a trouvé au Hohlandsbourg la trace d'un potier (50 000 tessons, son installation, sa maison). Ce matériel est identique à ce que l'on trouve en Suisse, ce qui permet de penser que l'origine du courant se situe en Suisse avant son extension en Alsace.

Le site du Hohlandsbourg s'explique par la recherche du vent nécessaire à la cuisson des pots. Par ailleurs, la plaine de la Hardt a livré de nombreux tumuli d'incinération.

L'âge du fer.

1 - *Époque Hallstadt* : (700-550 av. J.C). Elle se caractérise par l'arrivée d'une population venue d'Italie du Nord (tumulus au Nord de Colmar avec pyxide de facture étrusque d'un guérisseur. C'est la première pyxide trouvée au Nord des Alpes). On a trouvé à Pulversheim un potier qui faisait de la poterie peinte (600 à 700 pots différents ont été dénombés), de nombreux tumuli à Ohnenheim, Mussig et Heildolsheim qui sont des hauts-lieux de l'époque.

Il y a donc à l'époque hallstadienne une grande poussée colonisatrice du Ried.

2 — *Époque La Tène*. C'est la deuxième poussée italienne, mais qui ne passe pas par le Haut-Rhin.

Il y a donc deux courants et deux peuples à l'époque La Tène et gauloise : l'un au Sud, les Séquanes, l'autre au Nord, les Médiomatriques ; et il faut peut-être chercher là l'origine des oppositions constatées entre les Haut-Rhinois et les Bas-Rhinois de l'époque actuelle.

L'époque romaine.

Le Haut-Rhin a été occupé très tôt. Le premier site est Horbourg (= Argentovaria), qui est un haut-lieu de croisement. Les Romains traversent le Ried par deux grandes routes (Mussig-Horbourg) indiquées par la déesse des routes : l'Épona.

Horbourg a joué un très grand rôle (cimetière chrétien de la fin du 4^e siècle, donc avant l'implantation du castrum, ainsi que des tombes mongoliennes, ce qui peut indiquer une bataille entre Attila et les légions romaines).

A l'époque romaine et mérovingienne, succède une implantation alémanique, d'où les noms de localités en « heim ».

La liste complète des gisements pré et protohistoriques de la feuille Colmar— Artolsheim est présentée en annexe ; les principales trouvailles y sont évoquées. Le lecteur voudra bien s'y reporter.

RESSOURCES DU SOUS-SOL

HYDROGÉOLOGIE

Deux domaines hydrogéologiques différencient du point de vue quantitatif et

qualitatif les ressources en eaux souterraines exploitées dans la partie alsacienne de la feuille :

- le secteur alluvial constitué par les aquifères puissants du Rhin et de Nil, les dépôts des vallées vosgiennes et des cônes de déjection des rivières à leur débouché dans la plaine rhénane ;
- le massif vosgien aux ressources limitées par la nature des terrains qui le constituent, uniquement exploitées par captages d'émergences dans les formations gréseuses du Trias inférieur ou de nappes locales en terrains cristallins et cristallophylliens.

1 — Le secteur alluvial. Il peut être subdivisé en deux parties d'importance hydrogéologique inégale :

a) A l'Est de l'III, la puissance de l'aquifère alluvionnaire, conditionnée par la topographie du toit du substratum oligocène, prend des proportions impressionnantes en passant de 80 m au méridien de Colmar à plus de 150 m à proximité du Rhin. Une diminution de l'épaisseur des alluvions due à un relèvement du substratum intervient dans le secteur de Marckolsheim.

La nappe phréatique s'écoule en direction N.NE, à peu près parallèlement au Rhin et à Nil ; la cote de son toit passant de 185 m à 165 m du Sud au Nord, sa pente est d'environ 1/1 000. Un battement de l'ordre de 1 m correspond à deux périodes de hautes eaux (décembre-janvier et mai-juin) alternant avec deux périodes de basses eaux (septembre-octobre et février-mars).

L'III, selon son débit, semble drainer ou alimenter la nappe : le Rhin l'alimente sur une grande partie de son cours puis la draine dans le secteur nord-est ; le canal du Rhône au Rhin et le Rhin canalisé n'ont guère d'incidence sur la nappe.

De nombreux captages sollicitent la nappe pour les besoins en eau des collectivités, des industries et de l'agriculture. La très bonne perméabilité de l'aquifère, de l'ordre de 10^{-3} m/s, a permis la réalisation de forages d'un rendement très satisfaisant. Des débits de l'ordre de 100 m³/h s'obtiennent facilement à partir de forages de profondeurs inférieures à 25 mètres.

Pour des débits plus importants, il suffit de solliciter une tranche aquifère plus puissante par une colonne captante bien adaptée. Ainsi au forage A.E.P. de Marckolsheim (4-3) on obtient un débit de 260 m³/h pour un rabattement inférieur à 1 m à partir d'une colonne captante de 18 m (diamètre 350 mm) en prolongation d'une tête de forage étanche sur 20 mètres. L'un des forages Grosser Domig (7-17) qui alimente la ville de Colmar a obtenu aux essais un débit de 600 m³/h pour un rabattement de 2,5 m à partir d'une colonne captante de 33 m en diamètre 300 mm installée entre 40 et 73 m de profondeur. Au deuxième ouvrage qui capte la nappe entre 15 et 60 m, un débit de 1 200 m³/h avait été obtenu aux essais. Les deux captages fournissent actuellement la moitié du débit demandé par la ville de Colmar à raison de 600 m³/h chacun. Il convient de citer les deux forages du Neuland, situés à moins d'un kilomètre au-delà de la limite sud de la feuille (sur la feuille Neuf-Brisach) qui fournissent ensemble 1 200 m³/h après avoir fourni aux essais 1 000 m³/h chacun pour un rabattement de l'ordre de 2 mètres.

La qualité des eaux de la nappe entre III et Rhin, varie selon les lieux de prélèvement, principalement en se déplaçant perpendiculairement à la direction d'écoulement des eaux. Ainsi :

- la dureté la plus élevée, entre 30° et 38°, dessine une plage de 4 à 6 km de large le long de l'III ; elle diminue vers l'Est pour atteindre des valeurs de l'ordre de 20° et parfois inférieures sauf à l'Est de Marckolsheim ;
- le résidu sec fournit des teneurs comprises entre 850 et 550 mg/l le long de l'III ; une diminution jusqu'aux alentours de 300 mg/l s'observe au centre de la feuille, puis une augmentation jusque vers 500 mg/l en approchant du Rhin ;
- les chlorures dont la teneur approche des concentrations maximales admissibles le long de l'III avec plus de 200 mg/l au droit de Colmar, constituent un problème important pour l'alimentation en eau potable de la ville, d'autant plus que la salinité

véhiculée par l'III augmente avec le temps. Les forages profonds de la ville ont prouvé que les teneurs diminuaient avec la profondeur mais l'exploitation de la base de l'aquifère ne fournit qu'une diminution de l'ordre de 50 mg/l. En direction du Rhin, les teneurs diminuent jusque vers 20 mg/l dans la partie centrale, puis augmentent pour dépasser 100 mg/l en bordure du Rhin.

b) A l'Ouest de l'III, la puissance des sédiments aquifères, de l'ordre de 80 m en bordure de l'III, diminue progressivement en direction des Vosges ; de vastes cônes de déjection s'étalent à l'Est du débouché des principales vallées vosgiennes. La perméabilité de l'aquifère diminue nettement par suite d'une teneur en éléments argileux plus élevée des dépôts en provenance du massif vosgien.

La direction générale de l'écoulement de la nappe à l'Ouest de l'III s'incurve vers le Nord-Est.

Les apports des rivières vosgiennes se traduisent par une diminution de la dureté et surtout des chlorures qui, entre III et Vosges, passent rapidement de 150 à moins de 30 mg/l.

Les forages réalisés dans cette partie occidentale de la nappe sont en général d'un débit inférieur à 100 m³/h (sauf 6-6 de l'A.E.P. Kaysersberg qui atteint 200 m³/h).

Les eaux les plus douces (moins de 10°) sont obtenues aux ouvrages captant la base de l'aquifère dans les cônes de déjection de la Fecht et de la Weiss. Dans la partie nord-ouest du secteur alluvial, les eaux captées sous couverture loessique en bordure des collines sous-vosgiennes, accusent une dureté élevée (34 à 38°).

2 — Le Massif vosgien. Les ressources aquifères du massif vosgien sont exploitées par des captages d'émérgences qui alimentent les collectivités des vallées et des collines sous-vosgiennes dont une partie est obligée de compléter son alimentation par des forages dans la nappe alluviale.

a) Le recouvrement gréseux du Trias inférieur constitue des châteaux d'eau largement exploités.

Le massif du Taennchel contribue à l'alimentation de plusieurs collectivités du Nord de la feuille et de la vallée de la Lièpvrette (feuille Sélestat).

Le massif du Kalblin—Kœnigstuh—Muesberg est exploité par Kaysersberg, Riquewihir et Ribeauvillé.

Les émergences se situent soit à flanc de colline dans la formation gréseuse, soit à la base de la formation ; ces dernières fournissent les débits les plus intéressants allant de 4 à 12l/s.

Les eaux sont très peu minéralisées, très douces, agressives en général (pH inférieur à 7). Ainsi, les sources de Kalblin ont un pH de 6,5, une dureté de 5°.

b) Les terrains granitiques et migmatitiques renferment localement des nappes peu puissantes qui ont pu se constituer à la faveur de zones de broyage ou d'arénisation. L'importance et la pérennité des émergences sont liées à la nature de la roche et à son degré d'altération. Les débits sont en général inférieurs au litre/seconde, les réseaux se branchent sur plusieurs émergences souvent dispersées.

Les eaux sont de très bonne qualité, faiblement minéralisées, très douces, à pH acide.

A titre d'exemple :

- les sources de l'A.E.P. d'Aubure en provenance du granite du Brézouard : dureté 1°, pH 5,7.
- les sources de l'A.E.P. Labaroche en provenance du granite migmatitique de Kaysersberg : dureté 1,8°, pH 6,6.

Eau minérale de Ribeauvillé. Deux captages distants de 5 m l'un de l'autre exploitent une eau de type mixte, riche en bicarbonates et en sulfates alcalino-terreux.

La source des Ménétriers livre une eau classée, d'une minéralisation totale de 1,06 mg/l à une température de 16° 2, en provenance du Calcaire à entroques atteint à 5,5 m par le captage. Son débit est de 0,3 m³/h en écoulement libre, de 2,5 m³/h en pompage.

La source du Château ou Carola fournit une eau de table, d'une minéralisation totale de 0,7 mg/l à une température de 15° 8, issue du même Calcaire à entroques exploité entre 7 et 11 m de profondeur. Le captage débite 18 m³/h en écoulement libre et atteint 45 m³/h en pompage.

L'origine des deux sources est attribuée à un réseau de fractures dans les terrains triasiques ; lors d'essais de pompage, une interférence entre les deux sources a été constatée.

LA HOUILLE

Saint-Hippolyte-Rodem

Commencée en 1827, l'exploitation de la houille a été menée de manière artisanale de 1847 à 1865 par une dizaine de mineurs sur quelques kilomètres de galeries. Les niveaux de houille d'une épaisseur allant de 0,20 à 0,30 m reposent soit sur des schistes, soit sur une surface accidentée de granite (γ1b). Ils sont souvent divisés en deux veines par une lame de grès houiller sableux. Une épaisseur exceptionnelle de 1,20 m a été observée au lieu-dit « Mühlthal ». Au toit de la houille, un mince niveau d'argile noire, qui empêche la pénétration des eaux du Trias gréseux subjacent, a souvent été la cause d'éboulements et d'inondations. La production annuelle variait entre 130 et 400 tonnes. Le gisement peut être considéré comme épuisé.

LES MINÉRAIS MÉTALLIQUES ET LEUR CORTEGE

Les gites minéraux de la feuille Colmar sont liés génétiquement et spatialement à trois types de métallogènes :

— le premier, d'ordre lithologique, correspond au groupe des gneiss à grenat et amphibolites de Sainte-Marie-aux-Mines. Ces formations sont parcourues de nombreux filons localisés dans l'angle nord-ouest de la feuille, qui ne couvre qu'une partie du secteur des filons plombifères de type Alten Berg appartenant au vaste district de Saint-Marie-aux-Mines*. Celui-ci s'étend en outre sur les feuilles de Gérardmer, Sélestat et Saint-Dié. Bien que les filons situés sur la feuille Colmar fassent partie géographiquement du secteur plombifère, ils se rapportent à des groupes paragénetiques assez variés.

— le second type, de nature tectonique, est matérialisé par les fractures tertiaires qui bordent ou pénètrent le socle dans sa partie orientale : il s'agit de la faille vosgienne plus ou moins minéralisée en barytine-fluorine (Bergheim, Ribeauvillé), avec présence éventuelle de Pb-Zn (Orschwiller), et du faisceau de failles d'Ammerschwirh-Soultzbach auquel semble lié le petit filon cuprifère de Zimmerbach. Celui-ci est cependant à rattacher au vaste district de la Fecht que caractérise l'absence de plomb et les paragenèses à tétraédrites plus ou moins antimonifères ou bismuthifères.

— le troisième type est représenté par les schistes houillers uranifères du Schaentzel et de Teufelsloch en bordure nord de la feuille.

a) Barytine et fluorine. Un type de gites analogues aux minéralisations d'Orschwiller (feuille Sélestat), mais pauvre et dépourvu de substances métalliques, se retrouve en différents points de la bordure orientale du socle. Il s'agit d'abondantes venues en barytine et fluorine (Tempelhof, Reichenberg, Grasberg, Osterweg près de Bergheim, Altenholz près de Ribeauvillé) distribuées essentiellement dans les fractures à diverses échelles qui affectent les calcaires silicifiés du Muschelkalk à proximité de la faille vosgienne ou des failles majeures des champs de fractures.

(*) Un aperçu historique sommaire de l'exploitation est exposé dans la notice de la feuille Sélestat.

b) L'Uranium. En 1951, certaines zones de schistes noirs namuro-westphaliens du Schaentzel et du Teufelsloch, à l'Ouest d'Orschwiller (feuille Sélestat) et de Saint-Hippolyte, ont été reconnues uranifères par le Commissariat à l'Énergie Atomique qui a fourni les éléments de ce chapitre (Geffroy, 1971 ; Grimbert et Carlier, 1957 ; Cartier, 1965). (Le bassin houillier recouvre le joint des feuilles Sélestat et Colmar).

La minéralisation uranifère n'est que très rarement exprimée et uniquement sous forme de minéraux secondaires en surfaces. Elle a été étudiée essentiellement par sondages et accessoirement par quelques galeries faites à partir de puits jusqu'en 1955. Les zones susceptibles de présenter un intérêt industriel ont été délimitées. Aucune exploitation minière n'a encore eu lieu.

Tout le périmètre du lambeau occidental, celui du Schaentzel, correspond à un contact faillé ; la faille principale F1 étant celle qui borde le bassin de l'Ouest (le tracé de ces failles n'est pas porté sur la carte géologique).

Le Houiller de Saint-Hippolyte est formé par un groupe de quatre petits lambeaux westphaliens, totalisant 150 ha, à caractère lacustre. Ils reposent sur le granite où ils constituent un compartiment affaissé à la faveur d'une faille limite ouest (faille F1), parallèle à la grande faille bordière des Vosges et pentée vers l'Est.

Le fond granitique présente un paléorelief marqué. Le Westphalien comprend de bas en haut :

— 0 à 50 m d'arkoses où s'intercalent les bancs houillers exploités, non uranifères. Ancrée sur le paléorelief granitique, l'arkose est restée en place ;

— 0 à 50 m de shales bitumineux uranifères, finement détritiques, ou pélitiques. Du fait de la tectonique alpine, ils ont localement glissé vers le fossé alsacien, pénétrant parfois en écaillés le Permien sus-jacent.

L'ensemble est affecté par des chenaux (considérés comme creusés au Stéphanien supérieur) comblés par du Permien conglomératique et gréseux.

La tectonique d'ensemble est assez calme, affectée néanmoins par les écaillés et le redressement des couches près de la faille F1.

Ces lambeaux qui appartiennent peut-être à un bassin unique, sont, par ordre d'importance en ce qui concerne l'uranium :

- celui de Teufelsloch à 1 km Est de la faille F1 et
- celui de Schaentzel, bordé par celle-ci ;
- ceux de Thannenkirch et de Warik, peu intéressants.

Le lambeau de Teufelsloch est le mieux connu, tant sur le plan des sondages et travaux miniers que sur le plan des laboratoires. L'uranium est réparti d'une manière assez anarchique voire avec une prédominance dans « la grande couche » puissante de 10 m et connue sur 120 m de long avec des teneurs de 1 à 3, exceptionnellement 7 pour 1000 d'uranium métal. A l'échelle générale, le caractère pélitique ou détritique semble sans influence sur les teneurs en uranium, mais à l'échelle de la section polie, les lits détritiques sont souvent les mieux minéralisés quand le contexte est mixte.

On ne connaît pas le minéral portant de l'uranium. Peut-être de la coffinite (silicate uranifère), « non résoluble » au microscope est-elle intimement mélangée aux débris végétaux qui, en section polie, correspondent constamment aux concentrations repérées en autoradiographie.

L'étude par méthode Hiller permet de voir qu'il n'y a pas de « fond continu » uranifère, mais des concentrations nettes en coïncidence avec des joints ou filonnets sécants, à phyllite incolore, galène, mispickel, ce dernier certainement authigène.

De plus, en section polie, on observe que les parties riches coïncident avec les lits à débris végétaux reconnaissables : spores, cuticules, etc..

Il existe, comme dans d'autres bassins houillers, des intercalations de sidérite, avec souvent de la chalcopryrite. Celles-ci excluent l'uranium, alors que la chalcopryrite, comme la blende, peut coexister avec la galène et le mispickel, et est donc indifférente.

Les faciès très hématisés, coïncidant avec les zones tectonisées, ne sont pas

uranifères.

Dans le lambeau de Schaentzel, les teneurs maximales en uranium se situent au voisinage de la faille F1 et décroissent vers l'Est à partir de celle-ci. Le matériau moyen est assez analogue à celui de Teufelsloch. Mais de la pechblende microscopique a été identifiée dans des filonnets de matériau carboné, recoupés par des veinules de sidérite à mispickel, chalcopryrite, blende et galène. La variation de la teneur en arsenic, vanadium, plomb et zinc est identique à celle de l'uranium, tandis que celle du cuivre et de l'étain est inverse. Il faut noter ici la forte teneur en molybdène (de 100 à 500 parties par million), ce qui caractérise un milieu de dépôt franchement sapropélique.

L'origine de ces minéralisations est encore controversée. Pour certains auteurs (Grimbert, Carriou), le dépôt s'est formé par voie sédimentaire, mais avec des remaniements postérieurs. Pour d'autres (Carlier, Geoffroy), il s'agirait d'une minéralisation hydrothermale mise en place à la fin du Westphalien.

c) Gîte à Pb, Ag, Cu. Mal connu du fait de la disparition de tout vestige minier, ce gîte correspond à un (ou plusieurs) filons de direction NW-SE situé en rive gauche du Langthal. Seules les chroniques du 16^e siècle permettent de se faire une idée de la minéralisation ; celle-ci, variée, semble correspondre au groupe paragénetique du type de secteur de Neuen Berg (feuille Gérardmer) cupro-argentifère. Elle se compose de tétraédrite, de minerais nobles d'argent et blocs énormes d'argent natif (bloc de plus d'un quintal en 1530 dans la mine Saint-Daniel, offert à l'empereur Charles-Quint). Les mines principales portaient les noms de Saint-Daniel, le Four ou Backofen, le Marteau, Saint-Jacques.

d) Gîtes purement plombifères. Le principal filon plombifère du secteur de l'Alten Berg à Saint-Marie-aux-Mines, celui de Traugott dont l'allongement atteint 4 km, n'apparaît pas sur la feuille Colmar. Ce type paragénetique n'est ici représenté que par le filon insignifiant du Fischthal et par celui du Brunnengraben (N.NE-S.SW), ce dernier en relation possible avec la faille occidentale du faisceau d'Aubure ; il est probable que les mines de l'Eisenrain exploitées au 16^e siècle aient été creusées sur ce filon. La galène y est disséminée, accompagnée de pyrite, dans une gangue de sidérose.

e) Gîte à Pb-Zn. Une venue plombo-zincifère à barytine et fluorine abondantes occupe le plan de la faille vosgienne (N 35°) entre Orschwiller et Saint-Hippolyte, à la limite des feuilles Colmar et Sélestat. La minéralisation, accompagnée de substances bitumineuses, imprègne une fracture silicifiée épaisse de 2 à 5 mètres, en saillie dans le relief. Exploité dès la fin du 15^e siècle, le gîte fut à nouveau attaqué pour le plomb et l'argent après 1852, au moyen d'un travers-bancs, d'un puits et de 190 m de traçage sur le filon. Une fracture minéralisée analogue, à gros cristaux de blende, se retrouve plus à l'Ouest dans le granite pegmatitique lui-même.

f) Gîte cupro-argentifère de Zimmerbach. Encaissé dans les granito-gneiss non loin d'une zone fracturée, ce gîte filonien dont l'allure n'est pas connue se compose de quartz abondant à mouches de tétraédrite et de pyrite. Les minéraux d'oxydation du cuivre sont variés (azurite, malachite). Un gîte ferrifère à oligiste se trouve à proximité.

g) Gîtes à Co-Ni-As-Cu-Pb. Le faisceau des filons de Bourgonde, au Sud de Fertrupt près de Sainte-Marie-aux-Mines, voisine avec le filon du Langthal précédemment décrit. De direction nord-sud, il matérialise plus ou moins nettement le contact tectonique des gneiss et leptynites à grenat avec la formation des amphibolites. La minéralisation variée (de type Neuen Berg, à tétraédrite, chloantite, löllingite, chalcopryrite, pyrite, galène, arsenic) dans une gangue essentiellement carbonatée (de type Alten Berg) lui confère son originalité. Il fut intensément exploité au 16^e siècle par les mines Sainte-Anne (probablement Autruche du 18^e siècle, ou Tanzplatz), les Trois Mines Unies (dont l'Homme Mort du 18^e siècle) et Cobalt.

h) Sidérite. Une série de vieilles haldes (cône d'éboulis formé par les rejets d'une

galerie de mine) au flanc est du Grossthal correspond à des filons analogues à ceux de l'Eisenrain, à sidérite abondante accompagnée de barytine mais apparemment pauvres ou dépourvues en galène.

j) Béryl. La présence de béryl a été récemment signalée dans l'ensemble migmatitique des Trois-Épis à 1,5 km au Sud de cette localité. Le béryl accompagne la tourmaline dans les pegmatites encaissées dans les migmatites.

LES ROCHES EXPLOITÉES

1 — Terres à briques. La carrière de marnes grises située au Nord-Est de Rorschwihr est la principale source de matière première de la briqueterie de Saint-Hippolyte dont la production mensuelle atteint 1000 tonnes de briques. En fait, la marne argileuse de Rorschwihr est mélangée à du loess plus sableux, prélevé dans la carrière attenante à l'usine.

2 — Gypse. De nombreuses veines de gypses blanc, fibreux, épais de quelques millimètres à quelques centimètres s'intercalent dans les marnes grises à noirâtres du Keuper inférieur ; d'autres filons transverses anastomosés parcourent la masse des marnes à la faveur de nombreuses fissures. Certains bancs épais de 1 à 1,50 m se présentent sous une forme compacte très dure, à cassure esquilleuse, à aspect rubané de blanc et de différents gris ; ils sont constitués par des marnes qui contiennent une forte proportion de gypse.

Le gypse a été exploité en carrière et en galeries jusqu'en 1968 à Bergheim (établissements Spielmann) pour la fabrication de plâtre. A Riquewihr, une carrière abandonnée, exploitée jusqu'au début du siècle pour l'amendement des sols, est encore accessible.

3 — Sables et graviers. Exploités activement dans les cônes de déjections de la Fecht (au Nord de Colmar), du Strengbach (Ouest de Guémar) et dans la plaine (Est de Jébsheim), les sables et les graviers sont utilisés pour les constructions et l'empierrement des routes. Concassés puis traités dans des stations d'enrobage, les graviers forment aussi la matière première des revêtements de routes (macadam).

4 — Tailleries de pierre. Deux tailleries de pierre ont été récemment installées dans des gravières désaffectées au Nord de Colmar. D'énormes blocs de grès calcaire lattorfien provenant des grandes carrières du Strangenberg près de Rouffach (feuille Neuf-Brisach) y sont sciés pour être utilisés ensuite comme pierre de taille ornementale pour les constructions ou la rénovation des monuments historiques et comme pierre à sculpter.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

DESCRIPTION DE SITES CLASSIQUES ET D'ITINÉRAIRES

Le lecteur consultera avec profit les livrets-guides cités ci-dessous selon le domaine qu'il souhaite visiter.

1 — Le socle cristallin et les autres domaines de la feuille. Guides géologiques régionaux : Lorraine-Vosges-Alsace ; collection dirigée par Ch. Pomerol, Masson éd. En préparation, à paraître en 1975. WEIL R. (1972) — Le Taennchel. Imprimé au C.R.D.P., Strasbourg, 18 p.

2 — Les collines sous-vosgiennes. HIRLEMANN G. (1972) — Géologie du champ de fractures de Ribeauvillé (Haut-Rhin). Livret-guide 29 p. voir pages I à III (jaunes), 1 carte au 1/25 000 (en dépôt à la Bibliothèque de l'Institut des Sciences de la Terre à

Strasbourg). RUHLAND M. (1954) — Coupes géologiques des collines sous-vosgiennes de Turckheim et d'Ingersheim (Letzenberg et Florimont). *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, 45e vol., 4e série, t. 2, p. 3 à 11.

3 — La plaine quaternaire. Livret-guide des excursions du Ville Congrès de l'Union internationale pour l'étude du Quaternaire (INQUA). Paris 1969.

Livret A1 : Alsace - Vosges - Bourgogne, p. 31 à 34 ;

Livret C15 : Périglaciaire de l'Alsace à la Méditerranée, p. 17 à 21.

JUILLARD E., NONN H., RIMBERTS., ROCHEFORT M., TRICART J. (1964) - La 45e Excursion géographique interuniversitaire (Alsace : 26-29 mai 1962). *Annales de Géographie* 73, p. 526 à 533.

4 — Le Kaiserstuhl. Erläuterungen zur geologischen Exkursionskarte des Kaiserstuhls (1/25 000). Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i.Br. (1959), p. 123 à 133 et tableaux 10,3, 4 et 5.

COUPES RÉSUMÉES DES SONDAGES

1 — Sondages de recherche de pétrole et de potasse (voir tableau n° 1).

2 — Sondages de recherche de fer.

Número de classement au Code minier	2-1	6-12	6-13
Localité	Bergheim	Kintzheim	Kintzheim
Sigle		1	2
Cote du sol	+ 305	+ 305	+ 360
Bajocien sup. Grande oolithe	+ 305		
Bajocien moy. { zone à <i>T. bladgeni</i> zone à <i>S. humphriesianum</i>	+ 276,5 + 267,5		
Bajocien inf. { zone à <i>O. sauzei</i> zone à <i>S. sowerbyi</i>	+ 265,9 présent		+ 347,5 présent
Aalénien { zone à <i>L. murchisonae</i> zone à <i>L. opalinum</i>	+ 235,2 + 217	+ 290	+ 337,5 + 328,5
Profondeur finale	90 m	15 m	41 m

N.B. Les cotes, absolues, sont celles du toit des formations traversées.

3 - Sondages de recherche (fondations) de l'E.D.F., 1953 et 1956 (tableau n° 2).

Localisation : dans le triangle Artzenheim-Baltzenheim-Burckheim.

4 — Sondages de Riegel (Kaiserstuhl).

Voir la notice explicative de la carte géologique du Kaiserstuhl à 1/25 000, p. 110 et 116-117.

INVENTAIRE DES GISEMENTS ARCHÉOLOGIQUES

1 — Rive gauche du Rhin (Haut-Rhin)

a) Néolithique

Benwihr : Dépôt de haches polies à des stades différents de finition (env. 20).

Colmar :

- a) Ladhof, habitat néolithique danubien rubané (perle, poteries, silex).
- b) École Normale, tombes campaniformes (poteries).

Katzenthal : Tombe (3 squelettes).

Kunheim : Trois tombes campaniformes (gobelets, brassards d'archer).

b) Age du Bronze

Colmar :

- Nord, tombes, champs d'urnes (poteries).
- Sud, habitats du bronze final (corne de consécration, poteries).

Durrenentzen : Cimetière à incinération, champs d'urnes (bracelets).

Houssen : Deux tombes du bronze final, riche mobilier en bronze (bracelets, épingles, couteaux, bijoux en S, etc.).

Ribeauvillé : Épée en bronze (trouaille isolée).

Rorschwihr : Habitat du bronze final (jarres de réserves).

Widensolen : Dépôt de lingots de bronze (forme bracelets).

Wintzenheim :

- a) Four à potier.
- b) Habitat d'altitude.

c) Age du fer

Colmar :

- a) Avenue Foch : habitat hallstattien (poteries).
- b) Rue des Aulnes : habitat hallstattien ancien (poteries).
- c) Rue Balzac : habitat hallstattien moyen (poteries).
- d) Rue du 2^e Cuirassier : tombes hallstattiennes (bracelets).
- e) Route de Rouffach : cimetière hallstattien (urnes, bracelets).
- f) Rue Balzac : habitat la Tène tardif (chaudrons en bronze).

Heidolsheim :

- a) Dépôts de lingots en or (spiraies, bracelets).
- b) Tombe la Tène (bracelet).
- c) A l'Ouest, un groupe de tertres.

Marckolsheim :

- a) Tombes la Tène (bracelets).

Mittelwihr : Tombes hallstattiennes (bracelets).

Mussig : Plusieurs groupes de tertres : Hallstatt et La Tène.

Ohnenheim : Nombreux tertres dont un à char.

Riedwihr : Tombes sous tumulus (bracelets).

d) Époque gallo-romaine

Beblenheim : Trace d'habitat, trésor de monnaies.

Bergheim : Villa gallo-romaine (mosaïque).

Biesheim-Kunheim : Lieu-dit Oedenbourg : petite ville gallo-romaine, probablement ancien port sur le Rhin du 1^{er} au 3^e siècle (sculptures, amphores, poteries, etc.).

Grussenheim : Habitat (vases).

Hessenheim : Cimetière gallo-romain (poteries, monnaies).

Horbourg : Habitats gallo-romains du 1^{er} et du 2^{ème} siècle (poteries). Four à potier du 2^{ème} siècle. Bronziers du 3^{ème} siècle (statuette). Castrum romain du 4^{ème} siècle.

Cimetière gallo-romain (bas-reliefs).

Houssen : Traces d'habitat romain (trésor de monnaies).

Jebnheim : Officine à poteries sigillées (moules signés IVLIVS).

Mussig : Relais routier (Épona).

Ribeauvillé : Traces d'habitation romaine.

Turckheim : Villa gallo-romaine (plat en bronze, statuette).

Wihr-en-Plaine : Cimetière gallo-romain (bas-reliefs).

Wintzenheim : Gîte d'étape (du 1er siècle) ; tour d'observation (du 4ème siècle).

e) Époque mérovingienne

Baldenheim : Important cimetière alémanique (casque en bronze et argent).

Colmar :

a) Rue A. Briand, important cimetière alémanique.

b) Rue du Ladhof, tombes alémaniques (fibules).

Grussenheim : Cimetière alémanique (scramasax).

Heidolsheim : Cimetière mérovingien du 6ème et 7ème siècle.

Horbourg : Cimetière franc (pyxide en or, bague à chaton).

Ingersheim : Tombes alémaniques dispersées.

Mackenheim : Cimetière mérovingien.

Marckolsheim : Cimetière mérovingien.

Muntzenheim : Tombes mérovingiennes.

Riquewhir : Cimetière mérovingien.

Turckheim : Tombes mérovingiennes.

Wettolsheim : Cimetière alémanique (riche mobilier, châtelaine).

Wintzenheim : Cimetière mérovingien du 7ème siècle.

2 — Rive droite du Rhin (Pays de Bade)

a) Néolithique

Bischoffingen :

Breitenfeld—Obères Ried : habitat et cimetière d'accroupis.

Biegarten, Mühlebuck et Hundschlag : habitats.

Burkheim :

Henkenberg : dépôt de haches lithiques.

Endingen :

Bühle : habitat.

Wilhelmskapelle : habitat et cimetière d'accroupis (céramique du Rössen et du Rubané).

Forchheim : Neuer Brunnen : habitat.

Ihringen : Winklerfeld, Burghalde, Staatacker, Neunlindenberg : habitats.

Königschaffhausen : Seipfert : habitat et cimetière d'accroupis. Ouest du village : habitat.

Leiselheim : Nord du village : habitat du Rubané. Près du cimetière : habitat.

Riegel : Gehrpfad, Häfler : habitats. Sasback : Lützelberg, Eichert : habitat.

Oberrotweil : Eichert : habitat et tombe. Wyhl : Ortsetter : tombe de la civilisation campaniforme.

c) *Age du bronze.* (Civilisation des champs d'urnes).

Achkarren : Près du Winzerkeller : habitat de vallée.

Benfeld : habitat.

Burkheim : Grand habitat de hauteur.

Endingen : Près de l'usine à gaz : habitat et tombes.

Jechtingen : Gohberg : colonie d'altitude. Dans la vallée : habitat et tombe du bronze récent.

Ihringen : Staatacker : habitat.

Sasbach : Limberg, Hirschländer : habitat.

c) Age du fer

Achkarren : Scharchenloch : habitat.

Bischoffingen : Winzerkeller : habitat.

Endingen : Bühle : habitat.

Jechtingen : Im Tal : habitat.

Ihringen :

Rennmatten : environ 30 tumuli.

Staatacker : tombe de la Tène ancien.

Oberbrunnental : tombe de cavalier, La Tène.

Kammerten : habitat hallstattien. Kiechlingsbergen : Winzerkeller : habitat de la Tène ancien. Königschaffhausen : Tombe hallstattienne à la patte d'oie Sasbach-Leiselheim. Oberbergen : Spührenloch : habitat hallstattien.

Riegel : Michelsberg et Häfler : habitat hallstattien. Nord de la gare : habitat de La Tène. Wyhl : Ibers Anwander : habitat hallstattien.

d) Époque romaine

Bahlingen : A la hauteur du col vers Schelingen : habitat.

Bischoffingen : Centre : habitat, pot à monnaies.

Eichstetten : Pfaffental : habitat.

Endingen : Judenbuck : habitat.

Jechtingen : Sponeck : habitat, tombes à incinération, point de passage du Rhin.

Ihringen : Staatacker : habitat.

Oberrotweil : Zone de Niederrotweil, Ziefelfeld : habitat.

Riegel : Nord du village : Grand Vicus : voie romaine vers Jechtingen-Sponeck.

Hagelstein : villa romaine.

Wyhler Buhl : habitat.

Sasbach :

Limberg : fortification.

Pied nord-est du Limberg : fondations.

Gravière Schlössle : habitat.

Route vers Leiselheim : habitat.

Weisweil :

Dachsfanger Bühl : habitat.

Käferhölzle : habitat.

e) Époque mérovingienne

Bahlingen : Löbern : tombes. Près du cimetière : cimetière.

Bischoffingen : Biegarten : cimetière.

Bötzingen :

Laire (Oberschaffhausen) : tombes.

Biegarten : tombes.

Forchheim : Près du Brandweiher : tombes.

Jechtingen : Helgenberg : cimetière.

Ihringen :

Sortie vers Oberbrunnental : petit cimetière.

Winklerfeld : tombe du début 4^{ème} siècle.

Leiselheim : Obere Wenig : tombes.

Riegel : Frohnhofbuck, Michelsberg : tombes.

Sasbach :

Au Lutzelberg : très grand cimetière (cuillères en argent marquées « Andreas » et avec chrisme).

Sud du village : tombes.

Hirschländer : cimetière.

Wyhl : gravière Herz : cimetière.

(*Erratum* : corrections à apporter à la carte : à Niederrotweil, pas de nécropole mérovingienne mais deux tombes de La Tène ancien ; à la sortie est de Oberbergen, pas de nécropole mérovingienne mais une tombe néolithique).

BIBLIOGRAPHIE

1 — Socle vosgien et terrains primaires

Archives nationales — Procès verbaux de visite de la mine de houille de Saint-Hippolyte (1848 à 1865).

BLANALT J.G. et ELLER J.P. von (1965) — Étude géologique des terrains primaires et des granites de la région située entre Soultzbach-les-Bains et Wintzenheim (Haut-Rhin). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 18, 2, p. 65 à 90.

BONHOMME M. (1965) — Age, par la méthode au strontium, de quelques granites des Vosges moyennes. *Sciences de la Terre* (1964-65), X, 3-4, p. 385 à 393.

BONHOMME M. (1967) — Ages radiométriques de quelques granites de Vosges moyennes. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 20,1, p. 101-106.

BROUSSE R. (1961) — Analyses chimiques des roches volcaniques tertiaires et quaternaires de la France, p. 121-124.

CAR LIER A. (1965) — Les schistes uranifères des Vosges : *In* Les Minéraux uranifères français. Presses universitaires de France, II, III, p. 7-94.

COUTURIER A., SIAT A. et WEIL R. (1967) - Sur un filon d'ankartrite dans le gneiss granitique des Trois-Épis (Haut-Rhin). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 20,1, p. 107-110.

DOUBINGER J. (1965) - Sur l'âge des gisements houillers des Vosges *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 18, 2, p. 49-64.

ELLER J.P. von (1962) — Les gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines et les séries voisines des Vosges moyennes. *Mém. serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 19, 128 p.

ELLER J.P. von, FLUCK P. et HAMEURT J. avec la collaboration de HOLLINGER J. (1970) — Carte géologique des Vosges moyennes, partie centrale et partie orientale. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 23,1, p. 29-50.

ELLER J.P. von, FLUCK P., HAMEURT J. et RUHLAND M. (1972) - Présentation d'une carte structurale du socle vosgien (1 carte hors texte). *Sci. Géol.*, Bull., 25,1, p. 3-20.

FLUCK P. (1968) — Description et minéralogie des mines de la région de Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 21, 2, p. 63-120:

FLUCK P. (1971) — Pétrographie et histoire métamorphique des gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines (Vosges). Thèse 3ème cycle. Université Louis Pasteur, Strasbourg, p. 110.

FRIEDLÄNDER C. et NIGGLI P. (1931) - Beitrag zur Petrographie der Vogesen. *Bull. Soc. Minér. Pétr.*, 11, p. 395-399.

GEOFFROY J. (1971) — L'uranium dans les Vosges. Journées d'étude franco-allemandes sur la géologie comparée des Vosges et de la Forêt-Noire. Fasc. ronéot. p. 9-11.

- GRIMBERT A. et CARLIER A. (1957) - Les schistes uranifères du versant alsacien des Vosges moyennes. Le lambeau houiller du Schaentzel près de Saint-Hippolyte. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 9, 2, 43 p.
- HAMEURT J. (1967) — Les terrains cristallins et cristallophylliens du versant occidental des Vosges moyennes. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 26,402 p.
- UNG J. (1928) — Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 2, 482 p.
- KALLHARDT F. (1909) — Über ein neues Basaltvorkommen in den Vogesen. *Mitt. geol. Land. Els.-Lothr.*, 6, p. 399-400.
- LINCK G. (1888) - Die Basalte des Elsass. *Mitt. geol. Land. Els.-Lothr.*, 1, p. 49-68.
- MILLOT G. et ELLER J.P. von (1958) — Étude des gneiss et granites migmatitiques de Kaysersberg, des Trois-Épis et de Ribeauvillé dans les Vosges. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), t. VIII, p. 437446.
- ROTHÉ J.P. (1937) — Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre, p. 49-52, Paris.
- SIAT A. et WEIL R. (1971) — Sur les processus d'altération des titanomagnétites d'ankaratrites filoniennes des Vosges. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 24, 2-3, p. 119-126.
- VOLTZ L. (1828)—Aperçu des minéraux des deux départements du Rhin. Strasbourg.
- WEIL R. et JAROVOY M. (1950) -Catalogue des espèces minérales d'Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 6,138 p.
- WEIL R. et STUTZMANN V. (1954) - L'îlot des schistes tournaisiens d'Aspach, Vallée de la Fecht (Haut-Rhin). *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 7, 1, p. 99 à 104.

2 — Champs de fractures et substratum de la plaine du Rhin.

- DELLENBACH J. (1960) — Étude géologique de la région fracturée entre les vallées du Strengbach et de l'Eckenbach, au NE de Ribeauvillé (Haut-Rhin). D.E.S., Fasc. Sci. Strasbourg, 25 p.
- GALL J.C. (1971) — Faunes et paysages du Grès à *Voltzia* du Nord des Vosges. Essai paléoécologique sur le Buntsandstein supérieur. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 34,318 p.
- HIRLEMANN G. (1970) — Contribution à l'étude géologique du champ de fractures de Ribeauvillé (Haut-Rhin). Thèse 3ème cycle, Université Louis Pasteur Strasbourg, 109 p.
- KESSLER P. (1911) — Die tertiären Küstenkonglomerate in der mittelrheinischen Tiefebene mit besonderer Berücksichtigung der elsassischen Vorkommen. *Mitt. geol. Landes. Els. Lothr.*, 7, 2, p. 167-290.

- MAIKOVSKY V. (1941) -Contribution à l'étude paléontologique et stratigraphique du bassin potassique d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 6,192 p.
- RICOUR J. (1962) —Contribution à une révision du Trias français.*Mém. Serv. Carte géol. France.* 471 p.
- RUHLAND M. (1954)—Coupes géologiques des collines sous-vosgiennes de Turckheim et d'Ingersheim (Letzenberg et Florimont). *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, 45, 4, 2, p. 3-11.
- SITTLER C. (1965) — Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Études sédimentologiques et paléoclimatiques. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 24,392 p.
- THÉOBALD N. (1948) —Développement des minerais de fer dans les étages de l'Alézien et du Bajocien de la vallée du Rhin moyen (Alsace, Bade). *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 8, p. 26-28.
- THÉOBALD N. (1952) — Structure géologique du champ de fractures du Linge. *Ann. Univers. Saraviensis*, 1,4, p. 281 -293.
- WOLFF Ch. (1958) — Les formations gréseuses de la région d'Aubure. D.E.S. Fac. Sci. Strasbourg, 19 p.

3 — Terrains quaternaires

- ANNE P. et METTAUER H. (1958) —Caractéristiques granulométriques des loëss et sols loëssiques d'Alsace. *Annales agronomiques*, III, p. 320.
- BECKER J. (1950) — Limites, constitution et âge géologique du cône alluvial de la Fecht près Colmar (Haut-Rhin). *C.R. somm. Soc.géol. Fr.*,9,p. 150-152.
- BRIQUET A. (1923) — Les alluvions anciennes de la plaine d'Alsace entre la Fecht et la Bruche. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 2, p. 65-76.
- BRIQUET A. (1930) - Le Quaternaire de l'Alsace. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4, p. 977-1014.
- CARBIENER R. (1969) — Le grand Ried d'Alsace. Écologie d'un paysage dans le Ried Centre-Alsace. *Bull. Soc. Industrielle de Mulhouse*, 1, p. 15-44.
- DUBOIS G., FRANC de FERRIÈRE P. J.J., DELPONT J., ROTHÉ J.P., BADRÉ L., PERRETTE G. (1955) — Notice explicative de la carte géologique et agronomique du département du Haut-Rhin. Notices géologique, pluviométrique, sur les essences forestières et sur les régions naturelles. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 8, 2, p. 1-29,1 carte à 1/100 000.
- JUILLARD E., NONN H., RIMBERTS., ROCHEFORT M.,TRICART J. (1964) - La 45ème excursion géographique interuniversitaire. Alsace (26-29 mai 1962). *Anna/es de Géographie*, 73, p. 526-533.
- JUNG J. et SCHLUMBERGER C. et M. (1936) -Soulèvement des alluvions du Rhin par les intrusions salines diapires de la Haute-Alsace.*Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.* 3,1, p. 77-86.
- MAROCKE R. (1963-64) — Évolution des dépôts rhénans de Haute-Alsace au cours du Pléistocène récent. *Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar*, 51, p. 3-35.

OBERDORFER E. (1936-37) - Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte. *In Zeitschrift für Botanik*.

THÉOBALD N. (1948) — Carte de la base des formations alluviales dans le Sud du fossé rhénan. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 9, 78 p.

VONFELT J. (1955) - La bordure des Vosges entre Sélestat et Rouffac. *Rev. Géomorph. Dyn.*, 6, 1, p. 7-33.

WERVEKE L. van (1928) — Zur Gliederung der pliozänen und diluvialen Schotterablagerungen in den Vorhügeln der Vogesen zwischen Breusch und Fecht. *Jahresber. Mitt. oberrhein. Geol. Vereins*, p. 41 -44.

4 — Kaiserstuhl

LAUER J.P. (1964) — Étude paléomagnétique de quelques affleurements volcaniques du Kaiserstuhl. *Ber. Naturf. Ges. Freiburg in Br.*, 54, p. 279-296.

SCHREINER A. (1972) — Levés géologiques inédits sur les feuilles de Lahr et Freiburg - Nord à 1/25 000.

WIMMENAUER W. (1957) - Beiträge zur Petrographie des Kaiserstuhls. *Neues Jb. für Mineralogie, Abhandlungen*, 91, p. 131 -150.

WIMMENAUER W. (1959) - Beiträge zur Petrographie des Kaiserstuhls. *Neues Jb. für Mineralogie, Abhandlungen*, 93, p. 133-173.

WIMMENAUER W. (1962) - Beiträge zur Petrographie des Kaiserstuhls. *Neues Jb. für Mineralogie, Abhandlungen*, 98, p. 367-415.

WIMMENAUER W. (1963) - Beiträge zur Petrographie des Kaiserstuhls. *Neues Jb. für Mineralogie, Abhandlungen*, 99, p. 231-276.

WIMMENAUER W., HASEMANN W. et SCHREINER A. (1957) - Geologische Exkursionskarte des Kaiserstuhls à 1/25 000. *Geologisches Landesamt Baden-Württemberg*, Freiburg i., Br.

WIMMENAUER W., HASEMANN W. SCHREINER A. et al. (1959) - Erläuterungen zur geologischen Exkursionskarte des Kaiserstuhls 1/25 000. *Geologisches Landesamt Baden-Württemberg*, Freiburg i. Br., 139 p.

5 — Hydrogéologie

Archives du Service géologique régional Alsace-Lorraine :

- L'Alsace et le problème de la pollution des eaux.
- Campagne de prélèvement et d'analyses (été 1971).
- Contrôle de la qualité des eaux souterraines entre Colmar et Sélestat (11 janvier 1972).
- Contrôle et surveillance de la nappe phréatique dans les départements du Haut-Rhin. Campagne 1971-72. Rapport de synthèse.
- Rapport d'inventaire hydrogéologique : feuille Colmar-Artolsheim, situation en 1971 (24 mai 1972).
- Divers rapports de surveillance géologique de forages (Archives des communes du Haut-Rhin).

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSUL TABLES

Les minutes de terrain et les échantillons de roches des domaines du socle cristallin et des collines sous-vosgiennes sont accessibles à l'Institut des Sciences de la Terre (sections Géologie des Vosges et Géologie structurale) de l'Université Louis Pasteur, 1, rue Blessig, à Strasbourg. Les rapports géologiques, les coupes de sondages et toute documentation relative à l'hydrogéologie de cette feuille sont consultables au Service géologique régional Alsace-Lorraine (204, route de Schirmeck, 67200 Strasbourg) pour la rive gauche du Rhin, et au Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (Albertstrasse, 5 à Fribourg en Brisgau), qui abrite une exposition permanente d'échantillons du Kaiserstuhl, pour la rive droite du Rhin.

Auteurs de la notice

Notice rédigée par J.G. BLANALT, Docteur de spécialité en géologie, Ingénieur-géologue au B.R.G.M. avec la collaboration de :

J.P. von ELLER, Docteur-ès-Sciences, Maître de recherche au C.N.R.S. (terrains cristallins) ;

P. FLUCK, Docteur de spécialité en géologie. Attaché de recherche au C.N.R.S. (Minerais métalliques) ;

J. GEFFROY, Ingénieur au C.E.A., centre de Fontenay-aux-Roses (Uranium).

G. HIRLEMANN, Docteur de spécialité en géologie. Assistant de recherche à l'Université Louis Pasteur, Strasbourg (Terrains secondaires et tertiaires *pro parte*).

M. JEHL, Professeur de mathématiques au Lycée Camille Sée. Colmar et Ch. BONNET, Professeur d'histoire-géographie à l'École Normale d'Instituteurs de Colmar (Archéologie-Alsace).

J. SCHREINER, Rektor I.R., Kreispflegler et A. ECKERLE Hauptkonservator I.R., Staatliches Amt Fur Ur-und Frühgeschichte (Archéologie-Pays de Bade).

C. SITTLER, Docteur-ès-Sciences, Maître de recherche au C.N.R.S. (Histoire géologique du Tertiaire).

P. SCHWOERER, Ingénieur-Géologue, Géologue en Chef-Cadre F.O.M., détaché au S.G.R.-A.L. (Hydrogéologie).

J. TRICART, Docteur-ès-Lettres, Professeur à l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, C. HIRTH, Licenciée-ès-Lettres et H. VOGT, Maître-Assistant à l'Université Louis Pasteur, Strasbourg (Terrains quaternaires).

R. WEIL, Docteur-ès-Sciences, Directeur de recherche au C.N.R.S. et A. SIAT, Maître-assistant à l'Université Louis Pasteur, Strasbourg (« basaltes »-ankaratrites).

Tableau n° 1
SONDAGES DE RECHERCHE DE PÉTROLE ET DE POTASSE (Cotes absolues)

Numéro de classement au Code minier	2-2	3-3	4-1	4-2	7-3	7-4	7-5	343-1-20	343-1-21
Localité	Ostheim	Illhaeusern	Ohnenheim	Elsenheim	Bischwihr	Fortschwihl	Fortschwihl	Sundhouse	Sundhouse
Sigle	0	1	D.P. 35	1	BW	1	2	P2	P3
Société, année d'exécution	M.D.P.A.	P.R.E.P.A. 1955	M.D.P.A. 1953-54	P.R.E.P.A. 1956	M.D.P.A.	M.D.P.A.	M.D.P.A.	1938-39	1939
Plio-Quaternaire	+ 182	+ 175,97	+ 174,7	+ 178,79	+ 184	+ 185	+ 186	+ 169	+ 168
Pliocène			+ 9,2						
Chattien : C. de Niederroedern		+ 62							
Marnes à Cyrènes	+ 72	- 18			+ 20,3				
Couches à Mélettes									
Rupélien Schistes à Poissons		- 368							
Marnes à Foraminifères		- 378							Tertiaire + 64
Lattorfien									
Zone salifère sup.	- 268	- 283		- 67,2	- 584				
Zone salifère moy.	- 479	- 469	- 65,3	- 209,2	- 691	- 21,40	- 48,75		
zone salifère inf.	- 693		- 165,6		- 956		- 144,40		
Éocène	- 807,20	+			- 1281				
Bathonien	- 820,20								
Dogger									
Grande oolithe		- 761			- 1290				
Bajocien inférieur		- 830							
Lias									Faïlle Lias-667
Aalénien sup.		- 877							
Aalénien inf.		- 903							
Toarcien		- 1021							
Pliensbachien		- 1039							
Lotharingien		- 1071							
Hettangien-									
Sinemurien		- 1097							
Trias									
Rhétien		- 1119							
Keuper sup.		- 1124							
Keuper moy.		- 1150							
Keuper inf.		- 1164							
Lettenkohle		- 1252							
Muschelkalk sup.		- 1274							
Muschelkalk moy.		- 1333							Faïlle Muschelkalk - 791
Buntstandstein									
Profondeur finale	1002,50 m	1518,10 m	408 m	615 m	1482,20 m	568,60 m	406,26 m	128,60 m	975,50 m

P.R.E.P.A. : Prospections et Exploitations Pétrolières en Alsace.

M.D.P.A. : Mines Domaniales de Potasse d'Alsace.

Tableau n° 2
SONDAGES DE RECHERCHE (FONDATIONS) DE L'E.D.F. (Cotes absolues)

Numéro de classement au Code minier	343-5-1	344-5-2	343-5-3	343-5-4*	343-5-4a	343-5-6	343-5-7	343-5-9a	343-5-10a	343-5-10b
Sables et graviers	+ 189,5	?	+ 182	+180,1	+ 182	+ 182	+ 181	+ 182,7	+ 183,4	+ 182,4
Marnes (M) et tufs téphritiques non consolidés (T)			+ 155,6(M)				+ 144,5(M)	+ 156,3(M)	+ 158,4(T) + 156,9(M)	+ 156 (T) + 154,5(M) + 131,9(T) + 131,5(M)
Tufs téphritiques non consolidés			+ 153,6		+ 159,5			+ 144,1		
Tufs téphritiques			+ 150,6		+ 157,3	+ 155,5		+ 135,1		+ 125
Profondeur finale	50 m	40 m	40,6 m	50 m	30 m	33,7 m	40 m	51 m	40 m	62,2 m

(* Sur la carte géologique, le sondage 343-5-4 a été figuré par erreur sous le numéro 343-5-5).

Tableau n° 3

ANALYSES CHIMIQUES DE QUELQUES ROCHES DU SOCLE CRISTALLIN VOSGIEN

	Z1a	Z1b	Z1e	Migmatites M1 (Kaisersberg)			M2	γ 1b	γ 1c	γ 2a	β			h4-3c
	Gneiss à grenat et sillimanite prismatique	Gneiss amphibolique (moyenne 2 analyses)	Gneiss perlés à grenat et cordiérite	Granite entourant les enclaves	Noyau pyroxénique d'une enclave	Lentille amphibolique sans le cortex surmicacé et sans le noyau pyroxénique	Gneiss granitiques (Trois épis)	Granite de Thannenkirch Chantenois et du domaine des migmatites (moy. 2 analyses)	Granite grossier à deux micas du Brézouard (moy. 3 analyses)	Granophyres (moy. 2 analyses)	Ankartrites (« basaltes »)			Schistes uranifères namuro-westphaliens
											du Cerisier noir	des Trois Épis	de Riquewihr (moy. 2 analyses)	
SiO ₂	57,12	53,60	75,82	61,35	51,77	61,20	70,63	62,98	72,35	71,30	42,20	32,44	41,26	33,34
Al ₂ O ₃	18,20	15,40	12,80	14,85	12,82	14,09	14,73	15,08	14,66	14,99	11,75	11,81	10,67	22,12
Fe ₂ O ₃	2,95	1,55	0,95	1,85	1,36	1,43	1,32	4,48	0,83	0,63	4,8	5,97	3,24	11,65
FeO	6,42	5,32	1,30	4,50	4,64	7,19	1,32	Fe total	0,46	1,00	6,7	4,83	7,25	Fe total
MnO	0,12	0,20	0,04	0,08	0,28	0,16	traces	0,06	0,01	0,02	0,05		0,21	0,18
MgO	4,18	4,52	0,65	4,00	2,82	7,10	1,38	3,38	0,44	0,77	12,70	11,04	12,59	1,01
CaO	1,96	7,20	0,92	2,45	23,17	4,10	traces	2,00	0,39	0,58	11,25	15,33	12,91	1,81
Na ₂ O	2,0	2,80	2,30	2,50	0,65	1,81	2,30	1,93	3,31	3,35	2,65	3,43	2,79	0,58
K ₂ O	2,75	4,80	4,40	5,10	0,75	1,32	5,35	7,01	5,26	5,04	1,40	1,28	1,29	2,74
TiO ₂	1,04	1,18	0,20	0,65	0,95	1,66	0,42	0,87	0,17	0,11	2,0	2,89	2,12	0,69
P ₂ O ₅	0,39	0,63	0,11	0,95	0,17	0,17	0,21	0,37	0,22	0,30	0,40		0,74	1,50
H ₂ O ⁻			0,25									6,50 (CO ₂)		0,70 (S natif)
H ₂ O ⁺			0,55								1,10	0,41		
P.F.	2,17			1,25	1,58	0,53	1,73	1,78		1,39	3,65	1,15		
Cl ⁻												0,36		
SO ₄ ⁻												2,23		
Total	99,30		100,19	99,53	100,96	100,76	99,39				100,65	99,65		

Tableau n° 4

ANALYSES CHIMIQUES DE QUELQUES ROCHES VOLCANIQUES DU KAISERSTUHL

	TL	L	ToL	N	Ep	Ep	Ph	Br
	Téphrites à Leucite	Limburgite λ2	Téphrite à olivine	Néphéline à olivine	Essexites	Monchiquites	Phonolites	Brèche polygénique subvolcanique
	Moyenne de 9 analyses	Limberg Moyenne de 4 analyses	Blankenhornsberg	Lützelberg Moyenne de 2 analyses	Moyenne de 5 analyses	Moyenne de 2 analyses	Moyenne de 4 analyses	Schelingen
SiO ₂	44,35	41,50	43,84	40,57	45,38	43,14	51,76	35,60
TiO ₂	2,68	3,12	3,55	2,60	1,76	1,45	0,59	0,35
Al ₂ O ₃	13,34	13,53	12,82	15,76	16,26	17,18	20,00	12,11
Fe ₂ O ₃	8,33	7,58	8,99	5,53	7,03	4,44	2,79	3,63
FeO	4,48	5,31	5,11	6,21	4,87	6,43	1,23	7,07
MnO	0,33				0,17	0,21	0,15	0,61
MgO	5,51	8,73	2,39	8,28	5,09	5,11	1,30	9,42
CaO	12,28	12,52	13,57	11,75	10,96	12,33	5,62	17,01
Na ₂ O	2,75	2,77	3,52	2,71	3,11	2,35	7,82	3,58
K ₂ O	1,64	1,82	2,90	0,88	2,52	2,17	3,92	3,40
CO ₂	0,29	0,34		0,35	0,33	0,18	0,60	4,88
P ₂ O ₅	0,52	0,24			0,38	0,48	0,18	0,34
H ₂ O > 110°	0,87		3,12		1,46	3,71	3,19	0,88
H ₂ O < 110°	2,12				0,81	1,33		0,64
SO ₃		0,17						
Cl	0,13	0,05			0,06	traces	0,09	0,71
Somme	99,62		99,81					100,23