



BENFELD

La carte géologique à 1/50 000
BENFELD est recouverte par les coupures suivantes
de la carte géologique de la France à 1/80 000 :
au nord : STRASBOURG (N° 71)
au sud : COLMAR (N° 86)

Das Blatt BENFELD überdeckt die Blätter
Nr. 7512, 7513, 7612, 7613, 7711, 7712, 7713
der deutschen Karte 1/25.000

Molsheim	Strasbourg	
Sélestat	BENFELD	
Colmar	Artolsheim	

	7512	7513
	7612	7613
7711	7712	7713

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

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

BENFELD



MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
DES P et T ET DU TOURISME
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

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

par

**J.-P. BOUDOT, F. GEISSERT, J. LEIBER,
F. MÉNILLET, P. SCHWOERER**

1987

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	5
<i>APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE</i>	5
DESCRIPTION DES TERRAINS	9
<i>TERRAINS NON AFFLEURANTS— GÉOLOGIE PROFONDE</i>	9
Socle infratriasique	9
Secondaire	9
Série tertiaire de type "Fossé rhénan"	12
Plio-Quaternaire	16
<i>TERRAINS AFFLEURANTS</i>	19
Précollines de la Forêt-Noire	19
Domaine rhénan wurmien en plaine de Bade	27
Marge alsacienne du domaine rhénan holocène	34
Domaine ello-rhénan holocène	36
TECTONIQUE	44
OCCUPATION DU SOL	49
<i>SOLS ET VÉGÉTATION</i>	49
<i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>	55
<i>DONNÉES GÉOTECHNIQUES</i>	55
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	57
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	57
<i>SUBSTANCES MINÉRALES</i>	62
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	66
<i>ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES</i>	66
<i>LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	68
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	73
AUTEURS DE LA NOTICE	73

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Pour la partie alsacienne, J.-P. Boudot a utilisé de nombreux sondages à la tarière à main (profondeur 1,20 m). Dans l'Ackerland* d'Erstein, les fosses à betteraves ont donné de bons affleurements dans les loess.

La Forêt-Noire a été levée dans le cadre de la couverture géologique régulière du territoire de la République fédérale allemande à 1/25 000. J. Leiber a adapté ses levés au fond topographique utilisé (fond français IGN).

La plaine de Bade a été l'objet d'un lever rapide, fondé sur l'observation des gravières, des coupes données par les fossés et les travaux de terrassement. La plaine étant largement cultivée, les formations ont pu être souvent suivies en surface.

Dans la basse plaine rhénane, la représentation des différentes formations est nécessairement schématique, en raison d'une couverture végétale presque continue, permettant difficilement de suivre en surface les formations identifiées à la faveur de sondages et des coupes d'extension limitée. Les limites des dépôts sont d'autant plus difficiles à suivre que leur répartition est très irrégulière à grande échelle, en raison d'un agent de sédimentation très capricieux : un réseau fluvial divagant dont les modifications sont appréciables à l'échelle d'une vie humaine. Par exemple, dans le Ried de la Zembs, FZ2-3 représente la formation prédominante : le Ried Noir. Seules les formations tourbeuses les plus épaisses et les plus étendues sont figurées. Les petites zones où affleurent les graviers rhénans n'ont pas été figurées.

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

A cheval sur la frontière franco-allemande, matérialisée par le Rhin, la feuille à 1/50 000 Benfeld couvre une large portion de la plaine rhénane quaternaire et une partie de la bordure occidentale de la Forêt-Noire, massif montagneux où affleurent des formations d'âge probablement précambrien à paléozoïque et mésozoïque. Ces deux régions naturelles appartiennent à deux structures géologiques majeures : le Fossé rhénan et le horst de la Forêt-Noire, limités par la faille rhénane orientale.

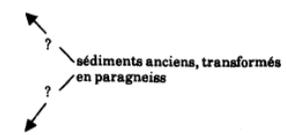
Précollines de la Forêt-Noire

Très faillée et symétrique des collines sous-vosgiennes par rapport à l'axe de la plaine rhénane, la bordure occidentale de la Forêt-Noire s'appelle en Allemagne la Vorbergzone, terme traduit en français par l'expression : "précollines de la Forêt-Noire" (synonyme : collines sous-schwarzwaldiennes). Elle comprend l'importante ville de Lahr. Accidentées par de nombreux vallonnements, les précollines de Lahr sont recoupées par deux rivières d'importance moyenne : la Schutter, à l'Est de la feuille et l'Ettenbach au Sud-Est. Elles sont constituées par des formations secondaires et quelques panneaux et lambeaux résiduels de formations tertiaires ; dans leur partie occidentale, juste au-dessus de la plaine de Bade, elles sont largement empâtées par des loess quaternaires.

*Mot d'origine allemande signifiant "pays des cultures"

TABLEAU 1 - HISTOIRE GÉOLOGIQUE

CHRONOLOGIE Les chiffres indiquent les âges en millions d'années (d'après Odin, 1982, pour le Primaire, le Secondaire et le Tertiaire)		ÉVÉNEMENT intéressant directement ou indirectement la région	PALÉOGÉOGRAPHIE	CLIMAT	PRINCIPAUX DÉPÔTS ET INTRUSIONS	
ÈRE QUATERNAIRE	Epoque historique	Actions anthropiques ↑ Défrichements et développement de l'agriculture	Régularisation du cours du Rhin (1838-actuel), construc- tion de digues Formation de <i>Brunnwasser</i> Divagations du Rhin dans le Ried ello-rhénan	Tempéré (plus chaud que le climat actuel à la période Atlantique)	Edification des tumuli Alluvions fines limono-sableuses ; tourbières à Hynacées (période Atlantique)	
	Holocène { récent (Protohistoire) moyen (Atlantique) ancien					
	- 0,01	Civilisations préhistoriques	Divagations du Rhin sur toute la largeur du Fossé rhénan, au niveau de l'Alsace moyenne	Alternance de périodes froides "glaciaires" et de périodes tempérées "interglaciaires"	Loess (périodes froides et sèches) Graviers rhénans (débaclés et dégela) Limons (interglaciaires)	
ÈRE TERTIAIRE	Pliocène { supérieur { Würm moyen Riss inférieur	1ère glaciation dans les Alpes ? Plissement du Jura	Ecoulement du Rhin alpin (Aar) vers la plaine de la Saône Rivières divagantes et marécages (premières ébauches du cours du Rhin)	Grand refroidissement Tempéré chaud et très humide	Sables grossiers, bois flottés et silts argileux humiques	
	- 1,8					
	Miocène	Pose dans le mouvement d'enfoncement du Fossé rhénan méridional (relèvement probable)	- Exondation probable	Chaud à saisons alternées	Aucun dépôt connu Intrusion basique de Mahlberg (- 16 M.A.)	
	Oligocène	Jeu majeur de la distension tectonique dans le Fossé rhénan. (Fossé rhénan : subsidence) (Forêt-Noire : surrection) Ebauche du Fossé rhénan	FOSSÉ RHÉNAN { - Dessalure progressive - Invasion marine venue du Nord - Milieu lagunaire avec invasions marines venues du Sud - Cuvettes lacustres et palustres	Rafrachissement	FOSSÉ : - argiles marneuses bigarrées - silts gris - argiles feuilletées bitumineuses - marnes silteuses à Forami- nifères - Marnes et évaporites avec passées gréseuses et calcaires - Calcaires lacustres et dépôts argileux rouges ferrugineux (sidérolithique)	PRÉCOLLINES Calcarénites Marnes, Conglomérats Sables ferrugineux
	- 33			Chaud, avec périodes sèches Chaud, plus ou moins humide		
Eocène { supérieur moyen			Rafrachissement momen- tané (fin des Dinosaures) Chaud, plus ou moins humide	- Aucun dépôt : érosion et altération des dépôts jurassiques		
- 65	- Début de la distension tectonique rhénane et début du volcanisme rhénan - Emersion	Milieu continental				
MÉSOZOÏQUE	Crétacé					
	- 130					
Jurassique	Malm Dogger Lias	Emersion - Transgression marine	Milieu continental Mer épicontinentale { milieu calme milieu agité et aéré milieu cal- me, réduc- teur	Chaud	- Marnes et argiles silteuses - Marnes et calcaires oolithiques - Marnes et marno-calcaires	
204						

ÈRE SECONDAIRE ou	Trias	Keuper	Rhétien	Régression	Influences marines Ensalement des lagunes Milieu lagunaire sursalé Vasières littorales ; progradation deltaïque	Tendance plus humide chaud avec des périodes arides	Siils argileux rouges ou gris, grès	
			Keuper moyen				Siils argileux bariolés, évaporites, dolomies ; apport sableux épisodique	
			Lettenkohle				Carbonates et siils argileux gris à bariolés	
			Muschelkalk	Supérieur	Transgression depuis la mer germanique	Plate-forme marine, milieu calme à agité	Chaud	Sédimentation rythmique : calcaires et siils argileux gris
				Moyen	Régression	Milieu lagunaire sursalé	Chaud avec des périodes arides	Siils argileux bariolés, évaporites et carbonates
				Inférieur	Faible transgression depuis la mer germanique	Vasières littorales et chenaux sableux	Climat côtier plus humide	Carbonates, grès, siils argileux verdâtres à brun jaunâtre
	-245		Buntsandstein	Supérieur		Aire deltaïque		Argilites rouge foncé grès et argilites rouge à rouge violet
				Moyen		Basse plaine alluviale à chenaux divagants et flaques	Chaud avec des périodes arides	Grès rouges et conglomérats
				Inférieur				Grès rouges argileux ; grès rouges à tâches brunes
ÈRE PRIMAIRE ou PALÉOZOÏQUE	Permien		Thuringien	Tectonique en distension	Fossé d'effondrement et petits bassins	Chaud avec des périodes arides	Arkoses rouges dolomitiques	
			Saxonien				Dépôts volcanodétritiques	
			Autunien				Arkoses rouges Rhyolites Arkose rouge Aucun dépôt connu	
	-290		Stéphanien	Erosion de la chaîne hercynienne et tectonique cassante ; bassins houillers intramontagneux	Complexe orogénique hercynien, en évolution constante	Très chaud et très humide	Aucun dépôt connu	
								Westphalien
Carbonifère		Namurien	Plissement sudète, granitisation et métamorphisme	Chaîne de montagne (cordillère sudète)		Granite d'Andlau, granite d'Oberkirch (feuille à 1:50 000 Strasbourg)		
							Viséen	
-360		Tournaisien		Milieu marin pré-orogénique		Schistes et grauwackes ?		
Dévonien - 400 Silurien - 418 Ordovicien - 495 Cambrien - 530			Orogenèse calédonienne granitisation et métamorphisme					
PROTÉROZOÏQUE			Orogenèse cadomienne, granitisation et métamorphisme					

Plaine rhénane quaternaire

A la latitude de Benfeld, la plaine rhénane, dont le soubassement est constitué par une importante masse d'alluvions grossières quaternaires, les "graviers rhénans", peut être subdivisée en trois grandes bandes allongées selon une direction S.SW — N.NE :

- le domaine rhénan wurmien en plaine de Bade qui se présente sous forme d'une basse terrasse très étendue à l'Est du Rhin ;
- le domaine rhénan holocène où l'Ill et le Rhin ont largement divagué et alluvionné, jusqu'à leur endiguement ;
- la marge alsacienne du domaine rhénan holocène, comprenant la basse terrasse ou Ackerland d'Erstein, largement recouverte de loess, et une petite partie de la zone déprimée du Bruch de l'Andlau, dans l'angle nord-ouest de la feuille.

Remarques sur le terme *ried**

Fréquent en toponymie, le terme *ried* désigne habituellement en Alsace une prairie humide, souvent inondée ou gorgée d'eau et plus ou moins entrecoupée de buissons ou de taillis, constitués d'espèces s'accommodant de sols hydromorphes. Il se rencontre aussi bien dans les Vosges qu'en plaine, mais la grande extension et l'exceptionnelle richesse botanique des rieds de la plaine ello-rhénane ont contribué à restreindre le terme *ried* à l'ancienne plaine d'inondation du Rhin et de l'Ill, haut-lieu du milieu naturel en Alsace : le Ried ello-rhénan ou Grand Ried d'Alsace, qui s'étend dans la basse plaine rhénane des environs de Colmar, jusqu'à Seltz.

Des études, principalement phytosociologiques (Carbiener, 1969) ont contribué à étendre le terme *ried* à des associations végétales, à des sols et même à des formations géologiques superficielles : terres de ried, puis *ried*, souvent précisé par un adjectif de couleur : ried noir, ried blond, ried gris.

Les travaux de drainage et l'abaissement de la nappe aquifère des graviers rhénans, dû à la construction des grands barrages sur le Rhin, ont largement modifié la physionomie du Ried ello-rhénan où les prairies artificielles et les cultures tendent à remplacer les prairies naturelles et les boqueteaux.

La feuille Benfeld recouvre plusieurs zones de ried. Dans l'angle nord-ouest de la carte, figure une petite partie du Ried de l'Andlau, aux sols tourbeux acides, communément appelé Bruch de l'Andlau (voir Fz2-3A). A l'Est de l'Ill, s'étend le Ried de la Zembs, aux sols tourbeux calcaires, une des parties les plus caractéristiques du Ried ello-rhénan qui comprend les Rieds noirs typiques d'Herbsheim et de Boofzheim.

En outre, dans les pays de langue allemande, le terme *ried* désigne des prairies humides où prédominent les herbacées du genre *Carex* (Laiches = *Ried-grass*).

* Prononcer *ride*.

DESCRIPTION DES TERRAINS

TERRAINS NON AFFLEURANTS — GÉOLOGIE PROFONDE

(Plaine d'Alsace et plaine de Bade)

Les plaines d'Alsace et de Bade appartiennent au domaine structural du Fossé rhénan supérieur, caractérisé, d'un point de vue stratigraphique, par une épaisse série tertiaire originale, d'âge éocène moyen à oligocène. En dessous, la série secondaire est dans l'ensemble semblable à celle de la couverture sédimentaire des Vosges et de la Forêt-Noire. Non atteint par les sondages pétroliers effectués dans le territoire couvert par la feuille, le socle infra-triasique n'est connu que de façon hypothétique, par l'extrapolation des structures des parties voisines des Vosges et de la Forêt-Noire et des données géophysiques.

Socle infratriasique

Le seul fait notable concernant le socle, mis en évidence par les méthodes géophysiques, est l'anomalie magnétique positive d'Uttenheim, qui prend en écharpe l'angle nord-ouest de la feuille. Avec une valeur maximale de + 200 γ , cette anomalie est allongée selon une direction SW — NE et serait due, au moins en partie, au métamorphisme de contact du granite d'Andlau (Edel *et al.*, 1982). Ce granite a été reconnu en sondage sous la plaine d'Alsace à Meistratzheim (feuille à 1/50 000 Molsheim).

Au Sud-Est de cet axe, les cartes indiquent un socle faiblement magnétique qui pourrait être constitué de granites ou de gneiss faiblement magnétiques. Les zones voisines des Vosges et de la Forêt-Noire sont trop complexes pour interpréter le socle de façon plus précise, au travers des données géophysiques actuellement disponibles. Le granite d'Oberkirch a été rencontré à une profondeur de 1 726 m (sondage Offenbourg 4), 2,5 km environ au Nord de Meissenheim (Pays de Bade). Aucun indice de bassin permien n'est connu. Selon Sittler (1980), la feuille se situe sur la bordure méridionale d'un seuil d'orientation W.SW — E.NE, allant du massif du Champ-du-Feu à la Forêt-Noire septentrionale (seuil de Forêt-Noire septentrionale) où le Permien n'est pas représenté.

Secondaire

Sur la partie alsacienne de la feuille, 3 sondages ont atteint le Secondaire : Westhouse 1 (1-37), Krafft 1 (2-27) et Gerstheim 1 (2-26). Sur la partie badoise, 4 sondages, effectués en marge du champ pétrolier d'Offenbourg, aux environs de Meissenheim (Offenbourg 7, 8, 1008 et 1004) ont, en partie, traversé le Secondaire. Tous ces sondages sont situés dans le quart supérieur de la feuille. La coupe la plus complète est donnée par le sondage Krafft 1 (2-27) qui a traversé une grande partie de la série secondaire, du Muschelkalk supérieur, à - 1 410 m, au Bathonien supérieur, à - 850 mètres. Les descriptions lithologiques succinctes données ci-dessous sont empruntées à ce sondage, dont l'interprétation stratigraphique a été partiellement revue.

Trias

- **Muschelkalk supérieur** (recoupé sur 10 m) : calcaire gris-beige.
- **Keuper inférieur** (Lettenkohle), 22 m : dolomie marneuse, grise, verdâtre, avec peu d'anhydrite.
- **Keuper moyen** (Keuper au sens restreint français) : 112 m
 - **Marnes* irisées inférieures**, 74 m : marnes* dolomitiques grises à anhydrite, avec passées rougeâtres et bariolées ;
 - **Marnes* irisées moyennes**, 22 m : marnes* gréseuses et grès blancs, gris à gris-vert, micacés, pauvres en pyrite (Grès à roseaux) ;
 - **Marnes* irisées supérieures**, 16 m : marnes* dolomitiques brunes à anhydrite et gypse (massifs à la base).
- **Keuper supérieur** (Rhétien), 8 m : marnes* bariolées rouges et brunes.

Lias

- **Hettangien à Sinémurien inférieur**, 27 m : marno-calcaire (Calcaire à Gryphées probable) ;
- **Sinémurien supérieur** (Lotharingien), 88 m : marnes grises, légèrement pyriteuses ;
- **Carixien**, 9 m : calcaire marneux ;
- **Domérien**, 20 m : marnes gris-noir fines ;
- **Toarciens** (s.s.), 13 m : marnes schisteuses bitumineuses (Schistes carton) ;
- **Aalénien** (s.l.), 157 m : marnes grises, légèrement micacées, feuilletées vers la base, (135 m), avec banc de calcaire gris-noir pyriteux, de 26 à 32 m de la base ; au-dessus (22 m) marno-calcaire gréseux, avec oolithes ferrugineuses au sommet.

Dogger

- **Bajocien inférieur et moyen**, 58 m : marnes, marno-calcaires et grès marneux gris ;
- **Bajocien supérieur**, 67 m : calcaire oolithique beige ou gris, très friable et un peu marneux, parfois graveleux (Grande oolithe) ;
- **Bathonien**, 27 m (tronqué à sa partie supérieure par érosion et altération) : marnes grises, 4 m, surmontées par 3 m de calcaire marneux, puis 20 m de marnes calcaires.
- **Bathonien et l'ou Eocène**, 14 m : marnes grises et rougeâtres.

Le sondage Krafft 1 se situe à proximité d'une ondulation anticlinale affectant les terrains secondaires, dont l'axe, subparallèle au Rhin, passe entre Gerstheim et Ottenheim, à Boofzheim et Diebolsheim (voir chapitre Tectonique), tronquée par érosion, jusqu'à l'Aalénien, à l'Ouest d'Ottenheim. Sur la retombée orientale de cette ondulation anticlinale, dans la région de Lahr, des formations d'âge callovien sont conservées. Le sondage profond de Lahr (Schnarrenberger, 1934 ; Leiber, 1976), fig. 1, donne une coupe continue de l'Aalénien à l'Oxfordien.

* Dans la description classique du Trias lorrain et alsacien, le terme de "marne" désigne généralement des silts argileux et des argiles silteuses, parfois dolomitiques, mais souvent dépourvus de calcite.

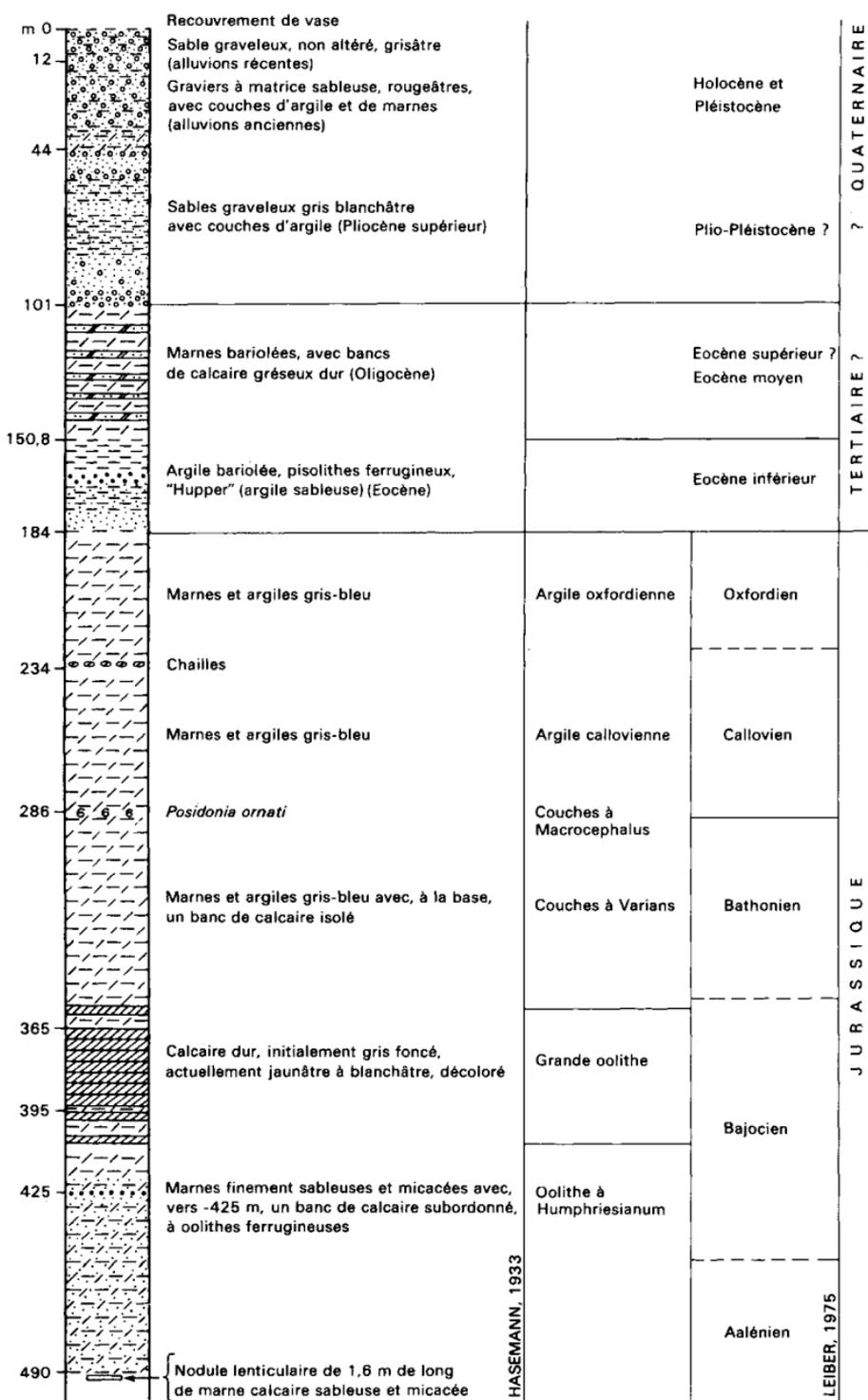


Fig. 1 - Coupe et interprétation du sondage profond de Lahr (Pays de Bade)

Série tertiaire de type "Fossé rhénan"

Entièrement recouverte par des formations quaternaires assez épaisses, la série tertiaire du Fossé rhénan supérieur n'est connue qu'en sondage dans le domaine rhénan représenté sur la feuille Benfeld. Les coupes de référence de cette série se situent au Nord de l'Alsace, dans le "bassin" pétrolier de Pechelbronn et, au Sud, dans le bassin potassique, entre Colmar et Mulhouse (tableau 2). La région de Benfeld se situe à peu près à mi-distance entre Pechelbronn et le centre du bassin potassique. Malgré l'absence de couches de potasse, la présence de sel gemme dans la partie inférieure de la série rattache plutôt le Tertiaire de la région de Benfeld à la série du bassin potassique. Dans le détail, les successions de faciès et surtout les épaisseurs varient beaucoup d'une coupe à l'autre, en raison d'une tectonique synsédimentaire très active. Deux niveaux de faciès très constants : les Marnes à Foraminifères et la Zone fossilifère constituent des repères remarquables. Les interprétations stratigraphiques utilisées sont celles de Cavelier, 1979, et Châteauneuf, 1980, fondées sur des corrélations biostratigraphiques et palynologiques avec le Bassin de Paris.

Dans les sondages, la série est souvent tronquée par des failles. Son épaisseur, de l'ordre de plusieurs centaines de mètres, varie très largement (cf. fig. 10) avec des maxima voisins de 1 500 m dans la partie sud-est de la feuille. Seul le sondage 2.27 a atteint sans faille la base de la série.

— *Eocène inférieur à Eocène moyen*. Peu épais et discontinus, les dépôts de cet âge sont semblables dans le fossé et les précollines de la Forêt-Noire. Ils comprennent des argiles ocre à rouges, contenant fréquemment des pisolithes ferrugineux (dépôts sidérolithiques) et des calcaires lacustres (type Bouxwiller, Bas-Rhin). Dans le sondage 2.27, ces faciès assez caractéristiques n'ont pas été observés. Entre le Bathonien supérieur et l'Eocène supérieur, 14 m de marnes grises et rougeâtres correspondent soit à un dépôt d'âge éocène inférieur, soit à un faciès d'altération des marnes du Bathonien supérieur.

— *Priabonien à Stampien inférieur. Série marneuse à gypse, anhydrite et sel gemme dite "Zone salifère"*. Étudiée par Förster (1911 et 1913), Maïkovsky (1941), Sittler (1965) et Courtot *et al.* (1972), la série salifère du bassin potassique comprend essentiellement des dépôts de milieu lagunaire sursalé. Des influences limniques se font sentir à la base, au milieu et au sommet de la série. Les niveaux à caractères marins francs sont peu nombreux. Les plus nets d'entre eux se placent dans la Zone fossilifère. La partie supérieure de celle-ci a été reconnue dans le sondage 2.27, avec, en particulier, un niveau riche en Bryozoaires. En-dessous, les zones salifères moyenne et inférieure n'ont pas été différenciées. Elles sont constituées par un ensemble de marnes grises à anhydrite ou gypse, avec des passées de grès ou de calcaire dolomitique. Leur épaisseur est de 336 m, avec un niveau de sel massif, épais d'une trentaine de mètres, débutant 100 m environ au-dessus de la base de la série.

La Zone salifère supérieure, épaisse de 244 m, est constituée de marnes grises, avec des passées de grès ou de calcaires en plaquettes, du gypse, puis de l'anhydrite. Dans le sondage 2.26, elle n'aurait que 125 m d'épaisseur, tandis que le sondage 5.1, qui n'a pas atteint sa base, l'a traversé sur 396 m, avec de haut en bas :

— 22 m de marne grise, gris-brun, rayée avec anhydrite en couches et sel gemme fibreux ;

TABLEAU 2 - SÉRIE STRATIGRAPHIQUE DU REMPLISSAGE DU FOSSÉ RHÉNAN
(d'après Sittler, 1965, complété avec l'interprétation stratigraphique* de Cavelier, 1979)

		BASSIN DE PÉCHELBRONN (série type)		BASSIN POTASSIQUE (série salifère profonde)			
QUATERNAIRE Alluvions rhénanes et vosgiennes (0 - 250 m), loess et lehms (0 - 30 m)							
PLIO-QUATERNAIRE							
TERTIAIRE	PLIOCÈNE	Argiles, sables et graviers				0 - 100 m	
		MIOCÈNE					
	OLIGOCÈNE	CHATTIEN	"Hydrobies" Couches à "Corbicules" ≥ 380 m "Cérithes"		980 m		
			SÉRIE BARIOLÉE	≤ 600 m Couches de Niederroedern	Couches -carbonatées d'eau douce -détritiques	250 m 330 m	
			RUPÉLIEN	100 m	Marnes à Cyrènes	100 m	
		350 m		Couches à Mélettes	300 m		
		5 - 35 m		Schistes à Poissons	2 - 17 m		
		10 - 30 m		Marnes à Foraminifères	5 - 12 m		
		LUTÉTIEN	LATDORFIEN	COUCHES DE PÉCHELBRONN	SUPÉRIEURES	90 m Zone à gypse et à passées limniques	50 m
					80 m Zone à sel et nodules d'anhydrite	400 m	
					60 m Zone bitumineuse supérieure : marnes rayées à sable pétrolifère à sel gemme et potasse	100 m	
			MOY.	80 m Zone fossilifère : marnes à Hydrobies, Bryozoaires, <i>Mytilus</i>	80 m		
	INF.		150 m Zone bitumineuse inférieure : marnes rayées bariolées et détritiques grises avec sel	200 m			
	Couche rouge : marnes à anhydrite		0 - 200 m	Zone conglomératique ou marnes salifères	150 m		
	ZONE DOLOMITIQUE		250 m	Marnes dolomitiques vertes à Limnées Marnes calcaires grises à anhydrite et sel	700 m		
EOCÈNE	PRIABONIEN* (LUDIEN)						
		BARTON. & LUTÉT.*					
Argile basale ou calcaires et marnes lacustres ou dépôts sidérolithiques 0 - 100 m							
SECONDAIRE : LIAS - JURASSIQUE MOYEN ET SUPÉRIEUR							

ZONESALIFÈRE

SUPÉRIEURE

MOYENNE

INFÉRIEURE

- 25 m de sel gemme avec anhydrite en couches et en petits rognons avec passages d'anhydrite massive, à filets marneux ;
- 228 m d'une alternance de couches de sel gemme avec anhydrite en couches et en rognons et de couches de marne bitumineuse, rayée, gris verdâtre, grisâtre avec anhydrite en couches et en rognons ;
- 91 m de marne dolomitique, bitumineuse, pyriteuse, rayée et grise avec anhydrite et gypse en couches et en rognons ; quelques passages gréseux et conglomératiques ;
- 30 m de marne grise et marne verte avec quelques petits passages de calcaire.

— *Stampien inférieur p.p. à Stampien supérieur. Série grise : silts argileux et calcareux à rares intercalations de grès et de conglomérats.* La série grise se différencie nettement de la série salifère par ses teintes grises uniformes et l'absence de dépôts évaporitiques. Ce changement dans la sédimentation est dû à des modifications paléogéographiques permettant la communication de la "Mer du Nord" avec la "Mer alpine" par le Fossé rhénan (Weiler, 1953), sans modifications climatiques importantes (Sittler, 1965).

La série grise comprend de haut en bas :

- les Marnes à Cyrènes,
- les Couches à Mélettes,
- les Schistes à Amphisile,
- les Marnes à Foraminifères.

Les deux termes inférieurs ont été l'objet d'une étude détaillée récente au Nord de l'Alsace (Doehl *et al.*, 1976), intéressante pour l'ensemble du Fossé, étant donné leur grande homogénéité de faciès.

Les *Marnes à Foraminifères*, caractérisées par leur richesse relative en grands Foraminifères, forment un niveau repère remarquable. Elles jalonnent la grande transgression marine stampienne dans le Fossé rhénan, à la fin du Stampien inférieur. Le mur et le toit de la formation sont de bons repères diagraphiques ; leur toit est un excellent miroir sismique (Courtot *et al.*, 1972). L'épaisseur des Marnes à Foraminifères est voisine de 10 m, avec un maximum de 14 m, dans les sondages 1.35 et 1.36. Leur partie inférieure est généralement brune pyriteuse. Leur partie supérieure est plus claire, grise à gris verdâtre, avec une fraction silteuse souvent importante. Les travaux de synthèse de Maïkovski (1941)* et de Sittler (1965) donnent un inventaire représentatif de la faune, de la microflore (association de Heskim), de la minéralogie et de la chimie des Marnes à Foraminifères.

Les *Schistes à Amphisiles* (syn. Schistes à Poissons) sont constitués par des argiles finement litées, souvent papyracées ("schisteuses") de teinte gris brunâtre à noirâtre. Le litage est généralement souligné par des pellicules blanches calcareuses, correspondant à une accumulation de nanoplancton monospécifique (Doehl *et al.*, 1976). Les Schistes à Amphisiles sont un dépôt plus ou moins bitumineux de milieu réducteur de type sapropel, riche en soufre, exprimé sous forme de pyrite. La richesse du milieu en matière organique entraîne une radioactivité naturelle relativement élevée (Courtot *et al.*, 1972). Dans l'ensemble, le milieu reste marin à saumâtre. Les restes d'Aeo-

* Liste des principaux Foraminifères dans le sondage 5-1, n° 200, DP XV.

liscus (= *Amphisile* = *Centricus*) *heinrichi*, Poisson originaire de la mer péri-alpine (Leriche, 1927), localement abondants, ont longtemps servi à caractériser la formation. Ils ont une distribution plus large et sont encore représentés dans les Couches à Mélettes. La microflore correspond à l'association de Heskem (Sittler, 1965).

Les Schistes à Poissons sont peu épais. Dans les coupes de sondages, ils n'ont pas toujours été distingués des Couches à Mélettes, ce qui laisse entendre que leur limite supérieure n'est pas très nette. Les variations d'épaisseur indiquées peuvent donc être liées à des différences d'interprétation :

Sondages	2-26	5-20	2-27	1-35 et 1-36
Épaisseurs en m	4	7	8	13

Les Couches à Mélettes sont essentiellement constituées de silt gris, plus ou moins riche en calcaire et en argile, et présentent des intercalations de grès un peu argileux, généralement lenticulaires et peu épais. Ces bancs de grès contiennent fréquemment des débris de plantes flottées, appartenant principalement aux familles des Salicacées et des Lauracées, en particulier au genre *Daphnogene* (= *Cinnamomum*). Les niveaux fins renferment souvent des écailles de Poissons dont la plupart appartiennent à l'espèce *Clupea* (= *Meletta*) *longimana*.

Ce poisson, qui a donné son nom à la formation, est également bien représenté dans les Schistes à Amphisiles et ne peut être considéré comme le fossile caractéristique des Couches à Mélettes. La microflore comprend des éléments remaniés de formations tertiaires plus anciennes et crétacées (Sittler, 1965) originaires du Nord (Müller, 1971). L'association autochtone, pauvre en espèces tropicales (Taxodiacées, Myricacées) indique un rafraîchissement climatique et semble correspondre à l'association de Bergisch-Gladbach (Sittler, 1965).

Dans les sondages 1.35, 1.36, 2.26, 2.27 et 5.21, les Couches à Mélettes ont été tronquées par l'érosion et sont directement recouvertes par des formations plio-quaternaires. Dans le sondage 5.1, l'ensemble des Couches à Amphisiles et des Couches à Mélettes, indifférenciées, a une épaisseur de 348 mètres. Maïkovski (1941) a étudié la faune et la flore de cet ensemble qu'il subdivise en 2 "niveaux" dont nous donnerons les épaisseurs réelles, en tenant compte du pendage : niveau à Amphisiles et à Mélettes avec Foraminifères : 49 m, à la base ; niveau à Amphisile et à *Meletta* sans Foraminifères : 299 mètres.

Marnes à Cyrènes (Stampien supérieur). De lithologie semblable aux Couches à Mélettes, les Marnes à Cyrènes se distinguent par une faune différente (Maïkovski, 1941 ; Gillet, 1953), comprenant, en particulier, *Potamides lamarcki*, *Cyrena semistriata* et *Cytherea subarata* du Stampien supérieur. Gillet (1953 et 1954) par l'étude des Foraminifères et des Mollusques puis Stchépinsky (1953), par l'étude des Ostracodes ont montré la dessalure progressive du milieu de dépôt des Marnes à Cyrènes, passant de 17 ‰ à 1 ‰, de la base au sommet de la formation. Sur la feuille, les Marnes à Cyrènes ne sont mentionnées que dans deux sondages : le sondage 5.20 où elles n'ont pas été différenciées des Couches à Mélettes et le sondage 5.1 où elles seraient représentées par une argile marneuse bigarrée. Cette lithologie évoque plus les Couches de

Niederroedern que les Marnes à Cyrènes et Maïkovski (1941) a récolté une faune continentale (débris d'*Helix* et de *Planorbis*) une quarantaine de mètres au-dessus du toit des Couches à Mélettes. Si elles sont représentées, les Marnes à Cyrènes sont vraisemblablement peu épaisses.

— **Chattien. Couches de Niederroedern s.l.** En Alsace moyenne, des argiles marneuses bigarrées, de teinte rouge, jaune et verte, de faciès semblables à celui des Couches de Niederroedern d'Alsace septentrionale, déposées en milieu continental, terminent la série marneuse du Fossé rhénan. Dans le sondage 5.20, seule leur base est représentée. Dans le sondage 5.1, elles n'ont pas été différenciées des Marnes à Cyrènes et les 241 m de marnes bigarrées recoupées entre les Couches à Mélettes et les sables plio-quadernaires sont à rapporter, pour leur majeure partie, aux Couches de Niederroedern. Maïkovski (1941) y a récolté une malacofaune continentale : *Ochthephila ramondi*, var. *dolfussi*, à 45 m environ au-dessus du toit des Couches à Mélettes, *Cepaea* cf. *rugulosa*, 100 m plus haut, et *Planorbis boniliensis* dans la partie supérieure de la formation.

La flore est représentée par *Daphnogene (Cinnamomum) polymorphum* et *Chara meriani*.

Plio-Quaternaire

Dans la partie alsacienne de la feuille, le Plio-Quaternaire a une épaisseur comprise entre 150 et 200 m (voir tableau n° 3). Il serait moins puissant dans la région de Lahr. Pour l'ensemble de la carte, la seule coupe lithologique détaillée est celle du sondage 5.21 (Gachot, 1937) qui donne l'indice le plus sérieux d'existence de dépôts pliocènes dans le Fossé rhénan au Sud de Strasbourg. Elle peut être résumée ainsi, de haut en bas (profondeurs) :

Holocène :

— 0,50 à 2,35 m. Argile sableuse brune.

Pléistocène supérieur (Würm) à Quaternaire ancien :

— 2,35 à 144 m. Alluvions rhénanes constituées de galets, graviers et sables, avec intercalations sableuses, fréquemment cimentées par du calcaire à partir de 112 m de profondeur.

Pléistocène ancien à Pliocène final ? :

— 144 à 147 m. Graviers fins, avec couches minces d'argile marneuse jaune brunâtre, avec beaucoup de taches noires.

— 147 à 155 m. Mélange de sable et de gravier.

— 155 à 157,60 m. Alluvions d'origine vosgienne : sable quartzeux grossier, jaune foncé (sans calcaire) avec quelques passées d'argile sableuse jaune et verte un peu micacée.

TABLEAU 3 - LITHOLOGIE ET ÉPAISSEUR DU REMPLISSAGE PLIO-QUATERNAIRE DU FOSSÉ RHÉNAN DANS LE DOMAINE DE LA FEUILLE BENFELD

Sondages : numéros et localisation		PLAINE D'ALSACE						PLAINE DE BADE*			
		5 - 21 Sundhouse	5 - 20 Sundhouse	1 - 35 Uttenheim	1 - 36 Uttenheim	1 - 37 Westhouse	2 - 26 Osthouse	2 - 27 Krafft	1003 à 1009 Weissenheim	1060 Nonnenweier	1043 Lahr-West
QUATERNAIRE	Graviers rhénans typiques	110	107	68	67	66	98		90 à 100	46	72
	Matériaux variés : G : graviers ; C : conglomérats S : sables ; A : "argile"	G, C, S 35,6	G 22	S, G, A 100	A, C 93	S, G, A 87	A, S, G 82	G 189		Limons calcaires 16,4	
PLIOCÈNE	Sables fins à grossiers à bois flottés et intercalations d'argile humique	35,9	108 ?		?	?	?	présents à la base	?	matériaux argileux sans carbonate ≈ 7 ?	8,4 ?
Épaisseur totale du Plio-Quaternaire		191,5	240 ?	168	160	153	180	189	127 à 200	≈ 69,4	80,4

*Numéros des sondages sur la carte hydrogéologique Lahr (Junker *et al.*, 1980). Les sondages 1003 à 1009 sont situés à la limite septentrionale de la carte et un peu plus au Nord.

Pliocène :

— 157,60 à 193,50 m. Sables quartzeux grossiers gris, avec des intercalations de lits de petits graviers et de couches d'argile noire à brun foncé.

Mur : Stampien (Couches à Mélettes).

Riches en restes de bois et en débris de plantes, les sables grossiers gris ont le faciès des sables pliocènes d'Haguenau. Les lits de graviers fins se composent surtout de quartz, de quartzite, de fragments de schistes de Villé et de schistes argileux.

Gachot (1937) donne également des indications sur la nature des galets des alluvions rhénanes, vers 43 m :

69 % de quartzites jaunes, gris et blancs (origine alpine)

20 % de roches calcaires (origine jurassienne et pré-alpine)

6 % de granites (avec probablement des granites verts, originaires des Alpes et des granites roses originaires des Vosges et de la Forêt-Noire)

5 % autres roches.

La taille des galets atteint fréquemment 10 cm, plus rarement 15 cm.

Dans leur partie supérieure et même souvent dans leur partie moyenne, les graviers rhénans sont généralement "propres", très pauvres en fraction fine, à l'exception de leur partie sommitale, souvent contaminée par les matériaux fins et le calcaire des limons superficiels. Dans leur partie inférieure, ils sont fréquemment cimentés en conglomérats par du calcaire ou des oxydes de fer ou encore empâtés par des limons argileux.

Dans la plaine de Bade, la plupart des forages, profonds d'une cinquantaine de mètres, n'ont pas atteint la base de la masse alluviale sablo-graveleuse. A l'Ouest de Lahr, le sondage 1043* donne une épaisseur de 72 m pour l'ensemble des sables et graviers quaternaires. En-dessous, sur une épaisseur de 8,40 m, le forage a traversé des sables fins à moyens avec des intercalations limoneuses gris verdâtre ou brun-rouge clair considérés comme pliocènes. L'absence de carbonate et la fréquence des restes de plantes sont de bons indices pour cette attribution. A la base, l'ouvrage a effleuré des sables moyens limoneux et carbonatés interprétés comme pré-pliocènes.

A Nonnenweier, le sondage 1060* a rencontré sous 46 m de sables et graviers, 16,4 m de matériaux limoneux jaunâtres, grisâtres avec quelques passées brunâtres, en partie calcaires. En-dessous, le sondage s'est terminé dans des matériaux argileux brun rougeâtre sans carbonate pénétrés sur 7 mètres. L'ensemble de ces matériaux fins a été attribué au Pliocène, fait plausible mais devant rester à l'état d'hypothèse, en l'absence de marqueur paléontologique.

Si les coupes de plusieurs sondages ne montrent aucune intercalation limoneuse ou argileuse dans les sables et graviers, d'autres en mentionnent à des profondeurs très variables. Elles sont généralement peu épaisses sauf dans

* Numéros d'ordre des sondages sur la carte hydrogéologique de Bade — Württemberg (Junker et Essler, 1980).

l'axe du Val de Lahr. Le sondage 1064 a recoupé entre les profondeurs 20,0 et 28,4 m des vases plus ou moins argileuses avec des intercalations de colluvions loessiques et entre les profondeurs 30,2 et 35 m, des vases rouge-vin sombre puis gris verdâtre, un peu sableuses. Dans le sondage 2442, les intercalations de matériaux fins argileux sont moins épaisses et plus nombreuses (23,1 à 24,0 m ; 23,2 à 26,0 m ; 27,4 à 29,1 m ; 30,3 à 34,5 m ; 40,6 à 42,4 m). Dans les alluvions rhénanes quaternaires, les niveaux fins correspondent souvent à des dépôts de périodes interglaciaires. Le caractère local de ces intercalations et l'absence de témoin paléontologique ne permettent pour le moment aucune interprétation dans ce sens, dans le domaine considéré.

TERRAINS AFFLEURANTS

Précollines de la Forêt-Noire

Les précollines de Lahr, zone de relief modéré entre le Fossé rhénan et le horst de Forêt-Noire, peuvent être subdivisées en deux domaines :

- un domaine oriental, assez accidenté, où affleurent principalement des grès du Buntsandstein et, localement, en bas de versant, des formations sédimentaires et volcaniques du Permien ainsi que des gneiss du socle hercynien ;
- un domaine occidental, à topographie plus molle où affleurent, localement, sous une couverture de loess quaternaires, des formations sédimentaires du Muschelkalk, du Keuper, du Lias, de l'Eocène et de l'Oligocène.

D'âge miocène, l'intrusion volcanique basique de Mahlberg est un témoin du volcanisme rhénan, à proximité de la faille rhénane orientale qui est masquée par les loess et les colluvions loessiques et qui sépare le Fossé rhénan des précollines de la Forêt-Noire.

Terrains du socle

ζ. Gneiss. Le type dominant des gneiss rencontrés au Sud-Est de la feuille est un paragneiss riche en biotite qui se caractérise par une teinte grise à brun violacé et des lits clairs, riches en feldspath.

Permien

Γπ. Rhyolite (Porphyre quartzifère). Ces roches affleurent bien dans une carrière de la vallée du Litschen. Elles présentent un débit en forme de colonnes et des subdivisions en bancs laminés. Ces formations sont de teinte gris violacé ou brun-rouge. La cassure présente un aspect conchoïdal. La pâte microfelsitique se compose d'agrégats à grains fins de quartz, feldspath et séricite. Les enclaves à feldspath fortement altéré sont plus répandues que les enclaves à quartz, généralement idiomorphe.

Γ2b. Saxonien (Permien supérieur). Arkoses rouges (0-80 m). Ces formations se trouvent en affleurement à l'Est d'Oberweier et dans la vallée du Litschen. Il s'agit d'une arkose tendre, rouge et riche en feldspath ainsi que de roches fanglomératiques. Dans ces dernières, la présence de produits de désagrégation de volcanites permienues est bien apparente.

Trias

Buntsandstein

La figure 2 montre les différents schémas stratigraphiques du Buntsandstein.

t1a. **Buntsandstein inférieur : Tigersandstein** (20-40 m). Cette formation repose en discordance sur les terrains plus anciens. Il s'agit d'une succession stratigraphique où un grès tendre à ciment argileux alterne avec un grès légèrement silicifié, contenant une certaine proportion de feldspath. La granulométrie de ces roches est principalement moyenne à grossière et leur teinte est généralement blanc verdâtre avec des parties de couleur lie-de-vin. Les grains de quartz sont mal arrondis. Des taches brun foncé, constituées essentiellement par des oxydes de manganèse, meubles, d'aspect terreux (wad) occupent la place d'anciens nodules carbonatés.

t1E. **Buntsandstein moyen : Conglomérat d'Eck** (45 m). Cette formation est constituée de grès tendre à grain moyen à grossier et de couleur rose clair et, plus rarement, blanc jaunâtre. Sa stratification est entrecroisée. Sa partie supérieure se distingue par l'abondance de galets composés de quartz, de roches du socle et de roches volcaniques permienne. On rencontre plus rarement des lydiennes, des cornalines et du bois silicifié. Les galets sont généralement d'une taille inférieure à 1,5 cm, pouvant atteindre 4 cm au maximum. Les grains de quartz sont bien arrondis.

t1b. **Buntsandstein moyen : Bausandstein** (90-120 m). Ce grès généralement rouge, à grain moyen, forme des bancs épais de plusieurs mètres qui sont séparés par des lits peu épais d'argile ou de brèches argileuses. C'est dans les 20 à 30 m du sommet de la formation que l'on rencontre plus fréquemment des galets de quartz de 1 cm. La stratification oblique est généralement localisée à la base des bancs. Ces formations présentent souvent des figures de sédimentation telles que des fentes de retrait ou des polygones de dessiccation, des *ripple-marks*, des figures de courant et de charge.

t1c. **Buntsandstein moyen : Conglomérat principal** (20-25 m) et **Kristallsandstein** (10-15 m). Le Conglomérat principal est constitué de grès à grain grossier et à galets, de couleur rouge à rose avec un ciment à dominante siliceuse. Il repose en discordance d'érosion sur les terrains du Bausandstein. La taille des galets diminue de bas (jusqu'à 15 cm) en haut (1 cm); ils sont principalement composés de quartz laiteux et de quartzite. La partie supérieure à stratification oblique est devenue poreuse par altération. La formation se termine par un horizon violet.

Le *Kristallsandstein* est constitué de grès moyen à fin qui renferme un peu de muscovite. Sa couleur varie entre le rouge et le rouge-violet. Le ciment est fréquemment siliceux. Les petits galets sont rares. Cette formation se termine également par un horizon violet : l'horizon à dolomie et cornaline (*Karneol-Dolomit-Horizont*).

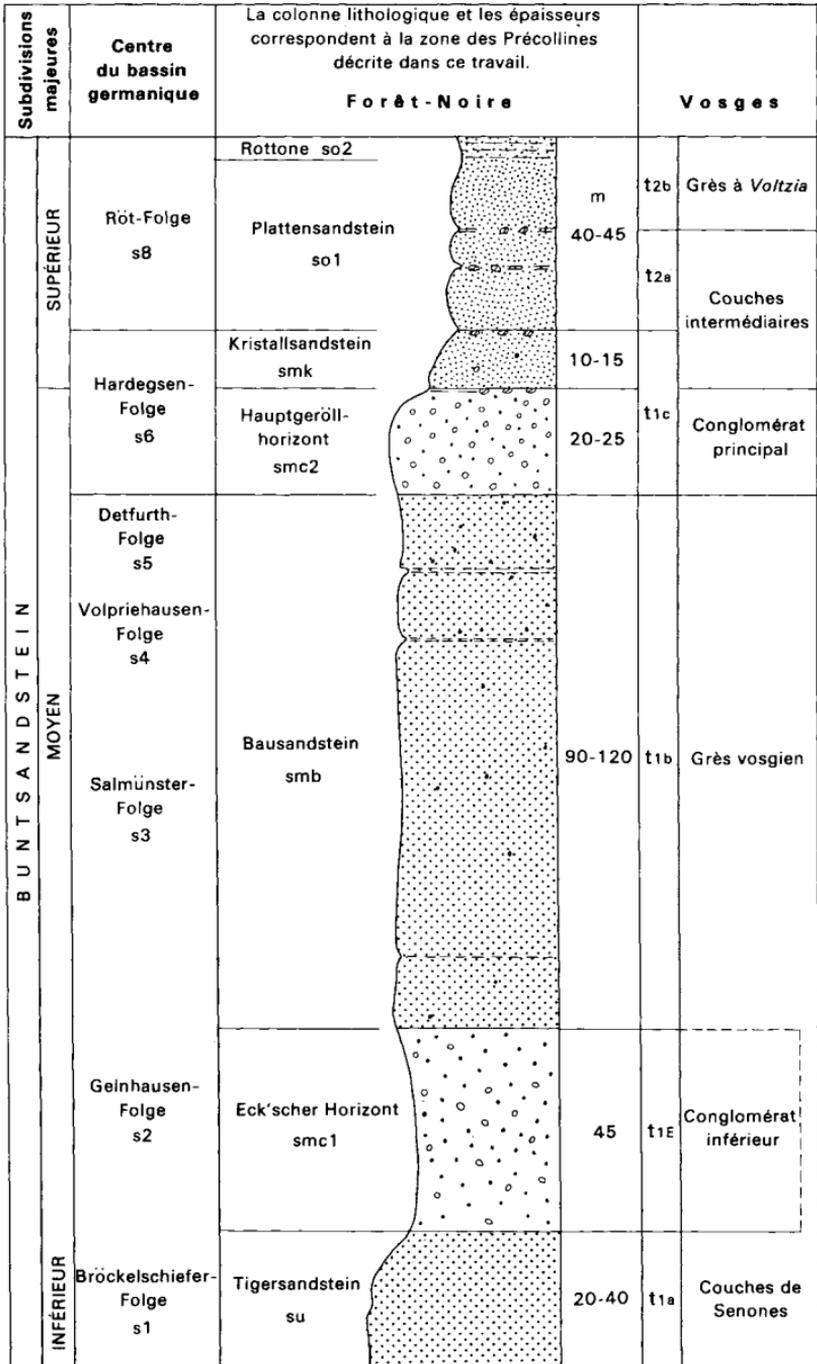


Fig. 2 - Schéma stratigraphique du Buntsandstein de la Forêt-Noire et corrélation avec celui des Vosges

t2. **Buntsandstein supérieur : Plattensandstein (40 m) et Röttone (5 m).** A grain fin, le grès de cette formation est fréquemment micacé (muscovite); il est de couleur rouge à rouge-violet, plus rarement blanchâtre. Le ciment est argilo-ferrugineux, et exceptionnellement siliceux. Il forme des bancs centimétriques à décimétriques. Des bancs plus épais sont rares et leur présence se limite surtout à la partie supérieure de la formation qui représente l'équivalent du Grès à *Voltzia*. On y observe des interstratifications d'argilite silteuse d'épaisseurs variables, d'horizons violets et de bancs de brèches dolomitiques.

Dans les *Röttone*, les teneurs en sable diminuent considérablement si bien qu'il y a prédominance d'argilites rouge foncé qui peuvent également avoir une couleur violette ou, plus rarement, verdâtre. Les *ripple-marks* et *rill-marks* sont fréquents, les pseudomorphoses de sel gemme sont plus rares. Les argiles rouges renferment des fossiles, tels que *Myophoria vulgaris* Schloth et *Lingula tenuissima* Bronn, des terriers de *Rhizocorallium* et des pistes de Vers, des "Esthéries" et des débris végétaux.

Muschelkalk (env. 190 m)

En dehors du Muschelkalk inférieur et du Muschelkalk moyen érodé, le Muschelkalk supérieur n'est représenté que de façon sporadique.

Des données de forages permettent d'indiquer les épaisseurs suivantes : environ 90 m pour le Muschelkalk moyen non érodé et environ 60 m pour le Muschelkalk supérieur.

t3. **Muschelkalk inférieur. Marnes et grès dolomitiques (35-38 m).** Il recouvre à quelques endroits isolés le Buntsandstein des collines gréseuses. Il est également possible de le reconnaître sous le loess des collines basses. Les affleurements sont rares, ce qui rend impossible d'établir pour cette carte la division en 3 membres habituelle pour le Bade — Württemberg : *Wellendolomit*, *Wellenkalk* et les Couches à *Orbicularis*.

Les premiers 8-9 m de la base (*Wellendolomit*) sont constitués par une succession où des marnes verdâtres fortement sableuses alternent avec un grès fin à ciment dolomitique d'une épaisseur de 10 cm maximum. Ces grès sont souvent riches en fossiles : *Hoernesia socialis*, *Lima striata*, *Myophoria vulgaris*. La partie moyenne est essentiellement composée de marnes gris jaunâtre avec des interstratifications de bancs peu épais d'une dolomie sableuse. A environ 14 à 17 m au-dessus de la base se trouve la couche principale à *Terebratula (Coenothyris) vulgaris* qui constitue le meilleur horizon-repère du Muschelkalk inférieur des précollines badoises. La partie supérieure (environ 3 m) est constituée principalement d'une dolomie sableuse brun-jaune en bancs dont les surfaces horizontales sont recouvertes de coquilles : *Myophoria orbicularis*.

t4. **Muschelkalk moyen. Argiles résiduelles, calcaire et dolomie (lessivé, 25-35 m).** Cette série, qui n'affleure guère, n'est localisée que dans les collines basses, recouvertes de loess. A la base se trouvent environ 6 m de dolomies grises, cellulaires, poreuses, en plaquettes minces, auxquelles succèdent 8 à 10 m de marnes brun jaunâtre, verdâtres et lie-de-vin, produits résiduaux d'un gisement de sulfates. Elles sont recouvertes par la dolomie cellulaire, épaisse de 10 à 15 m, qui contient des éclats et des nodules de silicite. Cette série stratigraphique se termine par environ 6 m d'une dolomie blanc jaunâtre en plaquettes à bancs minces avec des lits de silicite.

t5a. **Muschelkalk supérieur. Calcaire à entroques** (épaisseur restante 20 m environ). De l'ensemble du Muschelkalk supérieur, seul le Calcaire à entroques est connu dans les précollines, aux environs de Kippenheim — Schmieheim et de Niederschopfheim. Dans ce calcaire micritique de couleur grise qui peut contenir des silixites, se trouvent des intercalations de calcaires lumachelliques oolithiques, riches en entroques qui servent, à côté d'un banc qui contient des *Coenothyris vulgaris* en abondance, à subdiviser le Calcaire à entroques badois :

— à 3 m de la limite inférieure : l'oolithe inférieure de la base qui peut atteindre une épaisseur d'environ 1 m ;

— 6 m plus haut : le banc-repère à *Coenothyris* ;

— encore 7 m plus haut : l'oolithe inférieure du sommet, épaisse d'environ 2 mètres.

Keuper moyen

Le Keuper n'est connu dans les précollines de la Forêt-Noire que par de rares affleurements. Il s'agit exclusivement d'un Keuper à gypse. Ce sont des sondages profonds qui ont permis d'indiquer une épaisseur d'environ 150 m pour l'ensemble de ces terrains.

t7. **Keuper à gypse. Marnes irisées inférieures.** Jusqu'à présent, le Keuper à gypse a été reconnu sous le loess des précollines dans un affleurement (temporaire) près d'Oberweier. Dans un forage au Sud-Est d'Oberschopfheim, les couches du Keuper à gypse supérieur ont été rencontrées sous 30 m de terrains quaternaires ; dans un forage au Sud-Est de Mahlberg, par contre, ce ne sont que 17 m de terrains quaternaires qui les recouvrent. Au siècle dernier, un essai d'exploitation minière des gypses du Keuper a été entrepris dans le Schwölbach au Nord de Burgheim*. Cette zone d'affleurement fait apparaître des marnes irisées rouges tandis que, dans le forage, des marnes vertes alternent avec des marnes rouges et quelques bancs de gypse ont encore été observés en cet endroit.

Jurassique

Lias

l3-4. **Sinemurien. Calcaires gris.** Jusqu'à présent, cette formation n'a été reconnue dans la zone des précollines que par une fouille de construction près d'Altdorf. Les bancs calcaires gris clair deviennent ocre à jaune clair par altération. Les *Liogryphaea arcuata* (Lam.) y sont abondantes. Par conséquent, il s'agit de couches à *Arietites*, c'est-à-dire de terrains du Sinémurien inférieur, remaniés par solifluxion.

Dogger

L'ancienne carrière de la mine de Kahlenberg représente le seul affleurement complet de cette série. Par ailleurs, ce ne sont que des niveaux partiels peu importants qui affleurent. Les sondages profonds permettent d'indiquer les épaisseurs suivantes : environ 400 m pour l'ensemble du Dogger, en attribuant environ 155 m à l'Aalénien, environ 80 m au Bajocien, environ 115 m au Bathonien et 52 m environ au Callovien.

* Faubourg nord-est de Lahr.

Aalénien inférieur. Argiles à Opalinum (environ 100 m). D'après quelques indications anciennes, ces terrains auraient été rencontrés dans un puits à Mahlberg.

19b. **Aalénien supérieur. Couches à Ludwigia : marnes sableuses et calcaires gréseux** (24 m). Cette série stratigraphique affleure dans le secteur de l'ancienne exploitation de minerai de fer de la mine de Ringsheim. Le gisement exploité appartient aux Couches à Murchisonae. Ces couches ferrifères recouvrent les calcaires gréseux épais de 3 à 11 m qui ont autrefois affleuré dans ces carrières ; ils succèdent aux argiles à Opalinum sans limite nette. Le gisement, épais de 12 m, est constitué de grès calcaires en bancs épais, de couleur rouge foncé, contenant des ooides ferrugineuses. Une stratification oblique est fréquente. Les teneurs moyennes des éléments contenus dans le minerai brut sont les suivantes : Fe : 20 %, CaO : 23 % et SiO₂ : 13 %. Le gisement se termine par une surface d'omission. Il est surmonté par des Marnes à Gryphées, d'une épaisseur d'environ 1,8 m, renfermant *Gryphaea calceola* (Quenstedt). Celles-ci sont recouvertes de marnes sableuses grises et veinées, le Grès à Concavum, épais de 6,4 m environ. C'est la couche ferrifère inférieure brune à oolithes ferrugineuses (*Unteres Erzland*) dont l'épaisseur peut atteindre 60 cm qui termine l'Aalénien supérieur. Le calcaire gréseux de la base et les Couches à Murchisonae appartiennent à la zone à *Ludwigia murchisonae* ; les Marnes à *Gryphaea calceola* et le Grès à Concavum ainsi que la couche ferrifère inférieure appartiennent à la zone à *Graphoceras concavum*.

11a. **Bajocien inférieur. Couches à Sonninia : marnes et calcaires** (25 m). Les couches à *Sonninia* n'affleurent que dans le secteur de l'exploitation de minerai de fer de Ringsheim.

La couche ferrifère inférieure est surmontée d'environ 8 m d'argile gris-bleu sombre avec deux horizons à ooides ferrugineuses. A environ 1,7 m en-dessous de la limite inférieure de la couche ferrifère supérieure (*Oberes Erzband*), épaisse de 50 cm, et au sommet de la série se trouve un banc de 10 cm d'un calcaire brun foncé, dur, noduleux à ooides légèrement ferrugineuses. Celui-ci est suivi sur environ 7 m d'épaisseur d'une alternance de marnes sableuses gris jaunâtre finement micacées et de bancs compacts isolés (*Wedelsandstein*) qui présentent sur les surfaces horizontales des bancs des traces en éventail dues à l'activité du *Zoophycus scoparius* (Thollière). Cet ensemble est recouvert par les bancs bleus, durs et esquilleux des Calcaires bleus, épais de 9 m, qui alternent avec des lits minces de marnes argileuses. Les Couches à *Sonninia* se terminent par 1 m de marnes argileuses finement sableuses et micacées, les Argiles de Rimsing. Toute cette série stratigraphique appartient à la zone à *Sonninia sowerbyi*.

11b. **Bajocien moyen : Couches à O. sauzei, à St. humphriesianum, à T. blagdeni, Grande oolithe inférieure : marnes et calcaires** (environ 25 m). Ces couches (y compris les Couches à *T. blagdeni*) affleurent en surface dans une mine à ciel ouvert du Kahlenberg près de Ringsheim. En outre, quelques affleurements sont observés entre Friesenheim et Oberschopfheim (uniquement les couches à *T. blagdeni*). La Grande oolithe inférieure marneuse et riche en fossiles n'est connue que par la galerie d'une ancienne mine de gypse au Nord de Burghheim.

Les Couches à *O. sauzei* peuvent atteindre une épaisseur de 2,5 m et elles sont constituées de bancs d'un calcaire spathique brunâtre. L'oolithe à *St.*

humphriesianum, épaisse d'environ 1,5 m, se compose de calcaires jaune brunâtre, même rougeâtres, avec des passées ferrugineuses.

Les Couches à *T. blagdeni*, environ 10 m, sont constituées de marnes argileuses bleu-gris, jaunâtres par altération, qui alternent, vers le haut, avec des bancs calcaréo-marneux où la présence d'ooides calcaires spathiques va en augmentant.

Cette série stratigraphique comprend les zones (de bas en haut) à *Otoites sauzei*, *Stephanoceras humphriesianum*, *Teloceras blagdeni*.

γ. **Bajocien supérieur. Grande oolithe** (50 m). Le seul affleurement de ces couches a été observé dans une carrière au Nord de Burgheim, mais à présent elle est comblée d'ordures. C'était la Grande oolithe moyenne qui y affleurait. Il s'agit d'oolithes blanches en bancs nets qui alternent avec des lits brunâtres à débris de coquilles.

Tertiaire

e. **Eocène : Sidérolithique** (~ 34 m). Des sables à pisolithes ferrugineux (*Bohnerz*) affleurent à la sortie Nord de Burgheim ; ils ont été rapportés à l'Eocène du fait qu'ils ne contiennent que des microfossiles remaniés du Jurassique.

g1. **Latdorfien. Conglomérats, marnes et calcarénites**. Les affleurements de ces roches conglomératiques et marneuses s'échelonnent au flanc du Schutterlindenberg. Parmi les galets, on observe une proportion importante de galets du Malm (calcaires compacts, blancs et esquilleux). Une grande partie de cette série, où les fossiles sont totalement absents, pourrait appartenir aux Marnes à Lymnées.

Les grès calcaires également dépourvus de fossiles qui leur succèdent au Schutterlindenberg, au Ludi et près de Mietersheim, pourraient éventuellement être attribués aux Couches de Péchelbronn inférieures.

Dans la carrière au pied ouest du Schutterlindenberg affleurent environ 15 m de grès calcaires et des calcaires surmontés de marnes. En raison des fossiles récoltés, ces roches sont à attribuer aux Couches de Péchelbronn moyennes.

β. **Miocène. Ankaratrite à méliélite**. Ce gisement en forme de cheminée se trouve dans la colline du château de Mahlberg ; il est connu sous le nom de basalte de Mahlberg. A l'état frais, cette roche est bleu-gris à cassures esquilleuse. Par altération, elle forme une mince croûte brunâtre.

Les proportions des différents minéraux sont les suivantes (% en vol.) :

néphéline	:	24 %
augite	:	42 %
olivine	:	11 %
méliélite	:	11 %
magnétite	:	10 %
divers	:	2 %.

Une analyse chimique récente de Gehnes a donné les résultats suivants :

Éléments principaux		Éléments accessoires	
SiO ₂	39,45 %	Cr	735 ppm
TiO ₂	2,65 %	Ni	385 ppm
Al ₂ O ₃	11,10 %	Co	55 ppm
Fe ₂ O ₃	5,76 %	V	345ppm
FeO	6,61 %	Li	15 ppm
MnO	0,19 %	Rb	40 ppm
MgO	11,96 %	Sr	1100 ppm
CaO	14,52 %	Ba	990 ppm
Na ₂ O	2,69 %	Zr	175 ppm
K ₂ O	1,34 %	Nb	70 ppm
P ₂ O ₅	0,78 %		
H ₂ O ⁺	2,80 %.		

Par des datations au potassium-argon, l'âge est évalué à 16,26 millions d'années.

Plio-Pléistocène. Dans des cavités formées aux dépens des grès calcaires de Lahr — Dinglingen, des dépôts pisolithiques ferrugineux à Mastodonte arverne ont livré des débris de dents d'*Anancus arvernensis* (Croizet et Jobert), ce qui permet de préciser un âge pliocène tardif à quaternaire ancien pour ces dépôts.

Quaternaire

OE, OEy. **Pléistocène. Loess, limon loessique et sables éoliens** (jusqu'à 20 m). En règle générale, l'essentiel du loess de surface est wurmien. Ce n'est que dans certains affleurements particuliers que l'on pourrait observer des loess plus anciens.

Les loess sont des dépôts éoliens de silts calcaires. Leur spectre en minéraux lourds alpins précise leur origine. Pendant les périodes froides du Pléistocène, ils ont été entraînés depuis les graviers essentiellement alpins de la plaine du Rhin. Par décalcification, ils sont transformés en limon loessique et, par pédogenèse, en sols bruns assez argileux (lehm) qui permettent de séparer les différents cycles loessiques. Étant donné que les affleurements montrent fréquemment des discordances angulaires, il est très difficile d'attribuer les différents loess à des périodes froides précises et les différents sols à des interstadias bien déterminées. Dans les cônes de déjection, les loess et les loess sableux sont interstratifiés avec les graviers originaires de la Forêt-Noire. Les loess wurmiens atteignent des teneurs en calcaire de 20 % ; par altération, ces teneurs diminuent jusqu'à environ 5 %. La décalcification et le remaniement du calcaire sont également à l'origine des concrétions calcaires (poupées de loess). Dépendant de la force du vent, la granulométrie est très variable, allant des silts (loess) aux sables fins (sables éoliens-loess sableux) (Sables de Mietersheim).

Les fossiles de Mietersheim récoltés dans les sables et les graviers sous-jacents au loess (Soergel, 1923) permettent d'indiquer un âge pléistocène moyen :

- Alces cf. latifrons* Johnson
- Equus mosbachensis* v. Reichenau
- Bison cf. priscus* Bojanus
- Mammonteus cf. trogontherii* Pohlig

Un prélèvement de tourbe située entre un loess récent et des graviers de déjection a donné un âge ^{14}C de 30580 ± 450 années avant 1950.

S. Pléistocène à Holocène. Dépôts de versant. A la retombée occidentale des grès du Buntsandstein, les dépôts de versant et les formations de solifluxion ont été cartographiés partout où des épaisseurs importantes ont été atteintes. Ces matériaux sont constitués de débris du Buntsandstein mélangés à une matrice limoneuse (loessique) sableuses ; ils s'imbriquent avec des loess et les recouvrent fréquemment. On peut admettre que l'essentiel de ces dépôts s'est formé au Pléistocène.

CFæ. Colluvions loessiques, remaniées par alluvionnement avec localement matériaux fins remaniés des précollines de la Forêt-Noire. Dans les précollines de la Forêt-Noire, les fonds des vallées secondaires et des vallons sont largement tapissés par des limons provenant, pour l'essentiel, du remaniement des loess. Ils se distinguent du loess en place par une stratification assez nette et la présence de lits de galets ou de concrétions calcaires (poupées) ainsi que des concentrations, dans certains lits, de fragments organiques tels que des débris végétaux, des coquilles de Mollusques ou les fins granules rejetés par les vers de terre (*Schrotloess*).

Sur la bordure de la plaine de Bade, au pied des précollines de la Forêt-Noire, des colluvions, constituées principalement de loess remaniés couvrent une bande ayant une largeur atteignant et dépassant 1 km. Au pied même des reliefs, ces dépôts sont souvent assez épais (maximum observé : 5 m au Sud-Ouest de Friesenheim).

Au Nord de Lahr, des colluvions loessiques passent latéralement aux alluvions FzF, de façon plus ou moins progressive, par interstratification. Au Nord de Kippenheim et à l'Ouest d'Ettenheim, elles sont localement grises et hydro-morphes (figuré particulier).

Fz. Holocène. Alluvions : graviers. Dans les vallées plus grandes qui entaillent le Buntsandstein, on rencontre des graviers masqués par des limons de débordement. Leur nature varie en fonction de leurs bassins versants. Ainsi on observe dans les vallées de Münster, du Sulzbach et du Litschen simplement des graviers fortement limoneux originaires du Buntsandstein. Dû à la géologie complexe de son bassin versant, la vallée de la Schutter, par contre, contient des graviers essentiellement constitués de roches cristallines érodées auxquelles s'ajoutent des quantités considérables de débris du Buntsandstein et des roches volcaniques du Permien.

Domaine rhénan wurmien en plaine de Bade

Entre le Rhin et la Forêt-Noire, la plaine de Bade est établie sur une importante masse alluviale rhénane. Comme en Alsace moyenne, la subsidence de cette partie du Fossé rhénan au Quaternaire a permis l'accumulation et la superposition de la plupart des nappes alluviales. Un enfoncement notable du réseau hydrographique au Würm supérieur a déterminé au niveau de la feuille et plus en amont la formation d'une basse terrasse très étendue et l'individualisation d'une basse plaine rhénane de largeur réduite, domaine d'alluvionnement du fleuve à l'Holocène et aux temps historiques.

Sur la basse terrasse, établie sur des alluvions d'âge würm relativement ancien, des loess se sont déposés à la fin du Würm et des rivières de la Forêt-Noire ont encore étalé des sables et des limons jusqu'aux travaux de canalisation et de drainage du XVIIIe et XIXe siècle.

Terrasse wurmienne

Fy. Alluvions d'âge würm relativement ancien : sables et graviers — FyR. Alluvions rhénanes d'origine alpine — FyR-F. Alluvions rhénanes comprenant des matériaux d'origine alpine et des éléments apportés par les rivières de la Forêt-Noire. Sous une faible couverture de loess wurmien ou de limons sableux, la nappe alluviale wurmienne de la basse terrasse et les alluvions plus anciennes qu'elle recouvre sont connues par les nombreuses exploitations de graviers et les forages effectués pour des recherches d'eau ou de graviers. La fraîcheur des graviers, leur faible altération en surface, le contexte régional et quelques rares données paléontologiques donnent de fortes présomptions pour attribuer un âge würm à la partie supérieure des alluvions de la basse terrasse. Entre Meissenheim et Schutterzell, une gravière a livré la forme *sibericus* d'*Elephas primigenius**, caractéristique de la période glaciaire wurmienne. A Friesenheim une drague a remonté une forme intermédiaire entre *Elephas trogontherii* et *E. primigenius**, indiquant un âge würm ancien ou antérieur. Dans la gravière située à l'Ouest de Kippenheimweiler, un matériau silteux verdâtre a livré, outre un fragment de grand os et une molaire de Campagnol, une malacofaune comprenant : *Succinea oblonga*, *Trichia concinna*, *Limax* sp., *Cochlicopa lubrica* et *Perforatella bidentata*. Forestière, cette dernière espèce indique en plaine rhénane une phase de transition climatique au moins pré-wurmienne. Dans cette même gravière, un matériau silteux gris contenait une association malacologique en place, que l'on retrouve fréquemment dans les loess de la plaine rhénane : *Succinea oblonga*, *Trichia concinna*, *Vertigo parcedentata* et *Columella columella*. Les deux dernières espèces sont des indicateurs d'un climat froid. Les sables et graviers de la basse terrasse étant baignés d'eau presque en totalité et ces matériaux étant exploités par dragage, la profondeur de ces récoltes n'est malheureusement pas connue.

Le matériau exploité dans les gravières est dans l'ensemble assez grossier avec de très nombreux galets de 10 à 15 cm de longueur et parfois des lentilles plus grossières avec des galets atteignant et dépassant 30 cm. De forme arrondie, ces galets sont essentiellement d'origine alpine à l'Ouest d'une ligne Kappel — Schutterzell (FyR). A l'Est de cette ligne, ils sont souvent mêlés à des galets originaires de la Forêt-Noire et de la Vorbergzone, qui peuvent constituer jusqu'à 50 % du matériau. Le matériel alpin se caractérise par la prédominance des galets en quartzite du Trias alpin, à patine brun clair, formant généralement la partie la plus grossière du matériau et la présence de galets en radiolarites du Jurassique alpin, ainsi que des roches cristallophylliennes à épидote et chlorite. Ces galets sont entourés par des sables moyens gris micacés, remaniés de la molasse des collines helvétiques. Le matériel originaire de la Forêt-Noire se reconnaît par l'abondance des galets de granites et de gneiss à teintes prédominantes roses, des galets de volcanites et de conglomérats permians. Eventuellement des galets des calcaires triasiques et jurassiques de la Vorbergzone leur sont associés. Dans la matrice sableuse, les apports de la Forêt-Noire se marquent par des teintes beiges à rosâtres et souvent une granulométrie plus grossière.

* Indications orales de M. Grob.

Dans certaines gravières (Kippenheimweiler, Ettenheim), s'observent des lentilles riches en petits blocs peu émoussés des précollines de la Forêt-Noire : calcaires du Jurassique et du Muschelkalk supérieur, grès du Trias et du Tertiaire et plus rarement des éléments de roches volcaniques du Kayserstuhl. Ces matériaux ont pu être apportés par des radeaux de glace (blocs glaciels).

En surface ou sous leur couverture limoneuse, des alluvions *FyR* et *FyR-F* sont légèrement altérées sur une épaisseur de l'ordre de 0,30 à 0,60 mètre. A Ettenheim et Ringsheim, cet horizon à matrice sablo-argileuse rougeâtre contient de nombreux galets altérés (30 à 40 %). Certains sont complètement pourris, mais l'horizon altéré contient aussi des galets de granite et de gneiss non altérés. Comme les alluvions sous-jacentes contiennent quelques galets altérés dont des quartz cariés remaniés de la plus ancienne nappe alluviale du domaine rhénan, cette altération apparemment plus importante ne doit pas être mise au compte d'un âge plus ancien pour les alluvions *FyR-F* de ce secteur. L'altération post-wurmienne a davantage affecté ces matériaux remaniés d'alluvions plus anciennes et déjà altérés.

Comme la nappe wurmienne de la Hardt en Haute Alsace, la nappe *FyR - FyR-F* s'abaisse d'amont en aval par rapport au niveau actuel du Rhin. Bien marqué et de 4 m de dénivellée à la latitude de Rust, le talus qui limite la terrasse wurmienne et la basse plaine rhénane n'existe plus au Nord de Meissenheim.

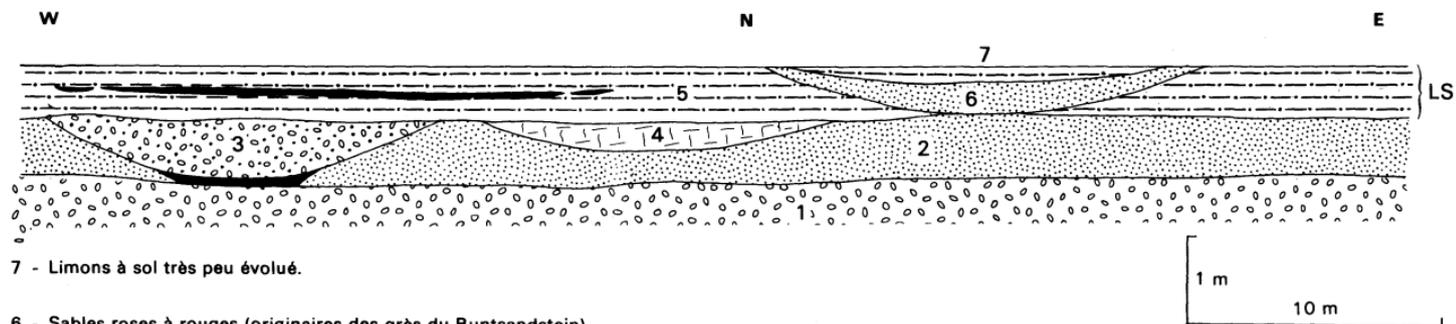
FybF. Alluvions sablo-argileuses originaires de la Forêt-Noire, d'âge würm récent probable. A l'Ouest de la commune de Ringsheim, à Rust et à Kappel, la basse terrasse wurmienne est recouverte de limons argileux, de teinte rosâtre, à taches ocre, originaires de la Forêt-Noire. L'épaisseur de ces limons est voisine de 1 mètre. Au Nord de Kappel, ces limons deviennent discontinus. Dans l'Ellenbogenwald, au sein de la formation LS (fig. 3), des paléochenaux sont remplis de sables roses, originaires de la Forêt-Noire, subcontemporains de dépôts de loess. Ces limons et ces sables ont été probablement déposés par l'Elz au Würm supérieur, avant le creusement de la basse plaine rhénane actuelle.

Ancienne couverture limoneuse de la terrasse wurmienne : limons finement sableux, en partie d'origine loessique

A la fin du Würm, les graviers de la plaine de Bade devaient être assez largement recouverts par une ou plusieurs couches de limons et de sables très fins, en grande partie d'origine éolienne. Les rivières de la Forêt-Noire ayant largement divagué dans la plaine au cours de l'Holocène, cette couverture limono-sableuse a été largement érodée et ne subsiste plus qu'en placages et buttes témoins.

Œyb. Buttes témoins de loess, d'âge wurmien. Plus ou moins allongées selon une direction subméridienne, les buttes témoins de loess ont une longueur généralement inférieure au kilomètre et une largeur de l'ordre de 200 à 300 mètres. Leur élévation ne dépasse pas 3 mètres. Le sondage 1420, implanté sur la butte située approximativement à mi-distance entre Ottenheim et Kurzell a recoupé, de haut en bas :

- 1,30 m de limons assez argileux et un peu sableux de teinte brune,
- 1,40 m de colluvions loessiques sableuses, gris clair à jaunâtres, avec un peu de sable et de gravier fin à moyen, recouvrant des graviers de petite dimension, d'origine alpine (*FyR*).



7 - Limons à sol très peu évolué.

6 - Sables roses à rouges (originaires des grès du Buntsandstein).

5 - Limons un peu argileux, panachés ocre et gris, légèrement rougeâtres au sommet, sans calcaire avec, localement, un niveau noir limnique, lenticulaire.

4 - Chenal rempli de loess fossilifères, à concrétions calcaires.

3 - Chenal rempli de galets rhénans à matrice sableuse rougeâtre (sables en partie originaires des grès du Buntsandstein); à la base, lentille tourbeuse surmontée par 10 cm de sables fins, gris.

2 - Sables fins, gris-beige, d'origine rhénane.

1 - Graviers rhénans.

Fig. 3 - Coupe schématique de la couverture sablo-limoneuse de la terrasse wurmienne à Kappel - Graffenhausen (Baden), Ellenbogenwald (station d'épuration)

Un sondage à la tarière à main, effectué à l'angle nord-est de l'ancien cimetière israélite de Nonnenweier a traversé, sous 0,80 m de limons sableux et terreux, 1 m de loess sableux (sandlöss), très meuble et très homogène. Grisâtre et micacée, la fraction sableuse de ce matériau provient du vannage des sables alluviaux de la basse plaine rhénane par les vents secs et froids du Würm supérieur.

Les buttes témoins des environs de Mahlberg n'ont fourni aucune coupe.

Rœ. Mince couverture de loess, en place ou remaniée. En contrebas des buttes témoins de loess, la terrasse d'alluvions wurmiennes est largement recouverte de placages de limons plus ou moins sableux. Une fouille dans un lotissement, au Nord de l'agglomération de Kippenheimweiler a montré que ces placages limoneux comprennent des loess en place. La paroi de la fouille montrait de haut en bas (coordonnées selon le fond topographique allemand : X = 3411,425 ; Y = 5354,150) :

- 0,30 m de sol gris-noir,
- 0,50 m de limons affectés par une pédogenèse hydromorphe,
- 1,20 m de loess typiques.

Dans une autre coupe, au Nord-Est d'Orschweier (X = 3411,125 ; Y = 5350,225), la fraction sableuse fine était prédominante, avec de haut en bas :

- 0,50 à 0,80 m de limons plus ou moins sableux, brun-ocre, à fraction fine alluviale,
- 0,80 à 1,00 m de sablon grisâtre et limon grossier à débris de Mollusques parmi lesquels F. Geissert a reconnu :

● **Mollusques aquatiques :**

<i>Lymnaea peregra ovata</i>	4 exemplaires forme mineure de biotope défavorable
<i>Anisus leucostomus</i>	1 fragment
<i>Pisidium obtusale lapponicum</i>	1 ex. très typique
<i>Gyraulus rossmaessleri</i>	1 ex.

● **Mollusques terrestres :**

<i>Vertigo parcedentata</i>	1 ex.
<i>Pupilla loessica</i> Lozek	15 ex.
<i>Trichia concinna</i> (<i>Tr. hispida</i>)	5 ex.
<i>Succinea oblonga</i>	plus de 100 ex.

LS. Faible recouvrement de limons sableux, d'origine rhénane ou mixte. En dehors des buttes et des placages de loess, la basse terrasse rhénane est recouverte de dépôts limono-sableux, d'une épaisseur généralement faible, souvent inférieure à 1 mètre. Renfermant souvent de petits galets rhénans, ces matériaux proviennent principalement du remaniement de sables rhénans et de loess. Souvent affectés par une pédogenèse légère (sols bruns), la plupart de ces limons sableux semblent récents et dater, au moins en surface, de l'Holocène.

La composition de la couverture sablo-limoneuse de la terrasse wurmienne peut être localement complexe et assez ancienne, comme le montre une coupe relevée au Nord de Kappel (fig. 3), dans une ancienne zone de divagation de l'Elz. A plusieurs époques (3 et 6), la rivière a apporté des sables rouges, prove-

nant de l'érosion des grès du Buntsandstein, en Forêt-Noire. Les loess (4) ont livré une faune de Mollusques, parmi lesquels F. Geissert a reconnu 2 associations ;

● **Mollusques habitant les mares temporaires :**

	%
<i>Galba truncatula</i>	2,0
<i>Gyraulus rosmaessleri</i>	2,0
<i>Anisus leucostomus</i>	4,0
<i>Pisidium casertanum</i>	1,0

● **Mollusques terrestres :**

<i>Columella columella col.</i>	3,0
<i>Vertigo parcedentata</i>	22,0
<i>Pupilla densegyrata</i>	18,0
<i>Succinea oblonga</i>	29,0
<i>Trichia concinna</i> (syn. <i>hispida</i>)	19,0

	100,0

FzF. **Couverture de sables et limons argileux holocènes** (matériaux de la Forêt-Noire). Jusqu'à l'époque historique, les rivières de la Forêt-Noire ont largement divagué sur la terrasse wurmienne, mais seules l'Elz et la Schutter ont laissé des dépôts alluviaux étendus. Ces alluvions sont constituées, pour l'essentiel, de matériaux originaires de la Forêt-Noire, aisément reconnaissables par leur teinte rougeâtre : sables roses, riches en grains de quartz à pigment ferrugineux et en grains de quartz roses, provenant de la désagrégation des grès du Buntsandstein ; silts et argile brun-rouge, provenant, en partie, du remaniement des niveaux silto-argileux du Permien et du Trias. Les sables sont, dans l'ensemble, plus grossiers et plus hétérométriques que les sables rhénans et se reconnaissent par la présence de grains de quartz non usés, à facettes brillantes et à excroissances pyramidales, souvent cassées et émoussées et de grains de quartz de type rond-mat, éolisés.

Les alluvions de l'ancien cours, très sinueux, de l'Elz, passant à l'Est de Rust, sont principalement constituées de sables roses qui ont été localement exploités. La zone basse, anciennement marécageuse, qui s'étend largement entre Rust et Niederhausen, correspond à la dernière plaine d'inondation de l'Elz, avant les travaux de drainage et la construction du canal Léopold.

Au cours de l'Holocène, la Schutter a largement étalé ses alluvions sur la terrasse rhénane wurmienne, en particulier entre son ancien cours occidental principal, l'Unditz, et les précollines de la Forêt-Noire. Plusieurs coupes ont pu être relevées dans ces alluvions.

Au débouché du Schuttertal dans la plaine de Bade, une tranchée d'assainissement Est-Ouest, passant environ 200 m au Sud de la gare de Lahr - Dillingen a montré une succession très constante, dans ses termes lithologiques :

- 1,00 à 1,50 m, limons beiges, à fragments de Mollusques indéterminables ; passage progressif,
- 0,20 à 0,50 m, gley argileux,
- 0,50 à 1,00 m, tourbe à nombreuses graines de *Menyanthes trifoliata*, d'aspect subfossile,
- visible sur 0,70 m, limons loessiques gris, hydromorphes.

Plus en aval, 1,5 km W.NW environ, près du canal de décharge de la Schutter, dans les fouilles d'une station d'épuration (X = 3412,450 ; Y = 5357,025), la coupe des alluvions FzF est un peu différente :

- 1,20 m, limons très argileux, à passées sableuses rouges,
- visible sur 0,20 à 0,30 m, limons argileux noirâtres.

Sur la bordure de la gravière située 2 km au S.SW de Kürzell, les alluvions FzF, sablo-limoneuses, sont peu épaisses (0,5 m).

Entre Kürzell et Schutterzell, une importante tranchée, sur la rive gauche de l'Unditz a donné la coupe suivante :

- 0,90 à 1,00 m, limons argileux brun-rougeâtre, panachés d'ocre, plus ou moins réduits à la base, sur 0,10 m ;
- 1,00, sables blanc rosâtre ;
- en-dessous, graviers sableux à petits galets (FyR-F).

De l'autre côté de l'autoroute E4, dans le Stockfeld, des drains montrent, sous 0,60 m de limons argileux brun rougeâtre, semblables à ceux de la coupe précédente, un limon argileux gris, hydromorphe, sur 0,4 mètre.

A l'Est de Schutter et en aval de cette localité, des alluvions de la Schutter sont fréquemment hydromorphes. Dans la découverte de la gravière Nold, au Nord du lieu-dit Weiler matt, elles sont constituées par un limon argileux et tourbeux gris, ocre à la base, épais de 0,50 à 0,70 m, recouvrant directement les graviers rhénans.

A proximité des précollines de la Forêt-Noire, les alluvions FzF sont souvent interstratifiées avec des colluvions loessiques, comme on peut le voir sur le bord de la gravière située entre Hugsweier et Friesenheim, à l'Est de la voie ferrée, près du lieu-dit Bann Stude.

A Mahlberg, des travaux d'assainissement, sous la rue rejoignant vers l'Ouest le Kapuzinergraben*, ont découvert des alluvions sableuses à matériaux originaires des grès du Buntsandstein, témoins d'un ancien cours de l'Ettenbach :

- 1,00 m, sables roses, avec intercalations lenticulaires de quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur de limons micacés ;
- visibles sur 0,20 m, graviers rhénans.

Tz. Tourbes et limogs tourbeux. La terrasse wurmienne de la plaine de Bade et sa couverture sont localement hydromorphes en surface. Dans deux secteurs, cette hydromorphie a permis le développement de formations tourbeuses étendues : au Nord-Est de Wittenweier et au Nord de Kippenheimweiler. Ces formations sont principalement constituées de limons tourbeux noirs, ressemblant aux sols noirs du Ried ello-rhénan de la plaine d'Alsace. Les zones de tourbes franches sont très localisées. Dans l'ensemble, l'épaisseur de ces limons tourbeux est faible et dépasse rarement 1 mètre.

* X = 3411,650 ; Y = 5350,735.

Marge alsacienne du domaine rhénan holocène

Au niveau de l'Alsace moyenne, les divagations de l'Ill et du Rhin ont épargné, vers l'Ouest, une large zone de la plaine d'Alsace. A l'Est de cette zone, les loess wurmiens ont été conservés (Ackerland d'Erstein). Entre cette bande de loess et les collines sous-vosgiennes, une rivière d'origine vosgienne, l'Andlau a étalé ses alluvions dans une large dépression : le Bruch de l'Andlau. Les loess et les alluvions de l'Andlau recouvrent des alluvions rhénanes d'âge würm.

$\frac{C_{EY}}{F_{YR}}$. **Loess d'âge würm récent, partiellement décalcifiés en surface.** A l'exception du Bruch de l'Andlau et de sa bordure, le territoire couvert par l'angle nord-ouest de la feuille est occupé par des loess. Dominant de 1 à 2 m les rieds de l'Andlau et de l'Ill, la surface subhorizontale de ces loess est parfois appelée terrasse d'Erstein. Le toit des graviers rhénans étant à peu près au même niveau sous les loess et dans la basse plaine ello-rhénane, nous utiliserons de préférence le terme "Ackerland d'Erstein" (Juillard, 1953). D'épaisseur assez constante (1,5 à 2 m), ces loess sont typiques et sont pratiquement dépourvus de fraction argileuse. Ils comprennent une fraction calcaire notable, souvent concentrée dans les menues cavités cylindriques laissées par la nécrose de radicelles ("pseudomycelium") ou dans de petites concrétions ("poupées") de 1 à 2 cm de diamètre, atteignant localement 5 cm, fréquentes à 1 m de profondeur environ. Ça et là, la partie inférieure des loess contient des petits galets, vraisemblablement remontés des alluvions rhénanes sous-jacentes, par bioturbation. Les loess de l'Ackerland d'Erstein renferment fréquemment des coquilles de Mollusques, appartenant pour la plupart à la faune froide habituelle de ce type de dépôt (tableau n° 4).

F22-3A. **Alluvions holocènes de l'Andlau. Ried de l'Andlau : argiles et limons à pH acide.** Dans l'angle nord-ouest de la feuille, la zone de bois et de prairies situées au Nord et à l'Ouest de la chapelle Saint-Ulrich de Westhouse appartient à la dépression marécageuse, connue sous le nom de Bruch* de l'Andlau, qui s'étend largement sur les feuilles voisines Sélestat, Molsheim et Strasbourg. Le fond de cette dépression est occupé par des limons argileux, plus ou moins tourbeux et de teinte brune à noire en surface (terre de ried), d'une épaisseur généralement inférieure à 1 mètre. Ces limons recouvrent des sables gris argileux assez grossiers, d'origine vosgienne, avec des passées graveleuses. Ces sables sont hydromorphes (faciès gley). Un sondage à la tarière, à l'Ouest du Neugraben (X = 987,350 ; Y = 93,300) a rencontré de haut en bas :

- 0,65 m de tourbe brune ;
- 1,15 m de sables gris argileux, assez grossiers avec des graviers de quartz, ayant jusqu'à 0,5 cm de diamètre ;
- 0,20 m de sables beiges plus ou moins riches en graviers à la base.

La tourbe a livré un opercule de *Bithynia tentaculata*** , 2 coquilles de *Gyraulus rossmaessleri*** Auerswald et *Vertigo antivertigo*** , espèces appartenant à la faune du ried très marécageux, précédant le ried actuel asséché.

* Prononcer brouer, cf. Bas all. dialect. *Brook* : forêt marécageuse dont le nom dérivé du verbe *brechen* : briser, évoque les branches cassées, nombreuses dans ce type de forêt.

** Détermination F. Geissert.

TABLEAU 4 - MALACOFAUNE DES LOESS WURMIENS DE
L'ACKERLAND D'ERSTEIN

Faune malacologique	1	2	3	4	5
1) Espèces caractéristiques du loess					
<i>Trichia concinna</i> Jeffreys	rare	-	-	-	-
<i>Succinea oblonga</i> Draparnaud	commune	4 ex.	2	commune	commune
<i>Pupilla muscorum</i> Linné	rare	5 ex.	-	-	commune
<i>Columella columella</i> von Martens	rare 1 ex.	-	-	1	-
<i>Vertigo parcedentata</i> Sandberger	2 ex.	-	-	15	-
<i>Arianta arbustorum</i> L.	fragments	-	-	-	-
2) Espèces accessoires du loess					
<i>Vallonia costata</i> O.F. Müller	rare	-	-	-	-
Limacides	2 ex.	-	-	4	-
3) Espèces du loess déposé en milieu subaquatique ou vivant dans les flaques d'eau temporaire					
<i>Anisus leucostomus</i>	2	-	-	4	-
4) Espèces actuelles, accidentellement dans les échantillons					
<i>Vallonia pulchella</i>	+				
<i>Caecilianella</i>	2 ex.				
<i>Cochlicopa lubricella</i> (habitat steppique)		1			
<i>Chondrula tridens</i> (habitat steppique)		1			

Provenance et particularités des échantillons :

- N° 1 : Lotissement de Westhouse au Nord du village, près du terrain de sport. Profondeur 1 m. Petites concrétions, max. 18 x 30 mm. Galets de 15 mm max. très altérés.
- N° 2 : Route de Bolsenheim — Osthouse à environ 500 à l'Ouest du passage à niveau. Fosse à betterave. Prélèvement à 2 m de profondeur. Rhizocolles et petits galets anguleux.
- N° 3 : Environ 500 m au Sud de Bolsenheim, route vers Uttenheim. Loess clair peu fossilifère. Petits galets anguleux, concrétions de 4-5 cm, rhizocolles fréquentes. Profondeur environ 0,60 m.
- N° 4 : Dépotoir de Kertzfeld à l'Ouest du village, côté nord de la route. Loess clair déposé sur graviers rhénans. Couche très fossilifère. Petites concrétions.
- N° 5 : Lotissement au Nord de Benfeld, en bordure de la plaine. Loess clair très fossilifère. Profondeur 1,50 m. Rhizocolles épaisses.

Dans leur partie supérieure, les sables gris contiennent une faune de prairies, temporairement inondées à *Succinea oblonga** et *Anisus leucostomus**. Ils renferment également des pollens remaniés, provenant de formations mésozoïques (*Classopollis*** , *Tasmanacées*** , *Cicatricosées***) et tertiaires (*Carya*** , *Pterocarya*** , *Pinus type haploxyton***) des collines sous-vosgiennes.

Les alluvions limono-argileuses de l'Andlau se rencontrent également en intercalations, en lits de 0,10 à 0,15 m d'épaisseur, au sein des colluvions loessiques Cœy ou à leur base.

$\frac{C\text{œy}}{FyR}$. **Colluvions loessiques hydromorphes.** Entre l'Ackerland d'Erstein, à couverture loessique, et le Bruch de l'Andlau, une zone basse et très plate est recouverte par un mince placage de loess remaniés, épais de 30 à 80 cm. La présence d'intercalations de lits argilo-limoneux acides, présentant le faciès des alluvions de l'Andlau (Fz2-3A), montre que cette zone de colluvionnement des loess a été inondée de façon temporaire par les crues les plus fortes de l'Andlau. Les colluvions loessiques n'ont pas été décalcifiées, même en surface, et les sables rhénans micacés, sous-jacents ont également conservé leur fraction calcaire. Elles sont baignées par une nappe aquifère temporaire qui conditionne la formation d'un horizon de pseudogley (horizon gris, réducteur, à taches ocre), à faible profondeur (20 à 50 cm).

Cœ-Fz. **Alluvions holocènes de la Quer. Argiles et limons à pH acide.** Un ancien chenal, la Quer, dont le nom évoque sa direction transversale par rapport à l'axe de la plaine d'Alsace, a permis une communication entre la Scheer et l'Ill, de Kertzfeld à Uttenheim. Il est tapissé par des argiles limoneuses et des limons argileux, à pH acide, recouvrant directement les alluvions rhénanes. Ce chenal est légèrement suspendu au-dessus des cours actuels et de l'Ill et a donc été emprunté par les crues à une époque antérieure au dépôt des alluvions de la Scheer (FzV) et de l'Ill (FzI). En amont de Kertzfeld, les alluvions de la Quer se relie à une sorte de très basse terrasse, à peine sensible dans le paysage, constituée par les mêmes matériaux, mais hydromorphes en profondeur (taches mouillées, à partir de 0,50 à 0,80 m de profondeur).

FzV. **Alluvions holocènes de la Scheer. Limons à pH acide, d'origine vosgienne.** Le lit majeur de la Scheer est tapissé par des limons à pH acide, déposés lors des crues de la rivière. D'une épaisseur généralement inférieure à 1 m, ces limons sont souvent hydromorphes (gley et pseudogley, à faible profondeur).

Domaine ello-rhénan holocène

A la latitude de Benfeld, la basse plaine rhénane est topographiquement très peu différenciée. Les bassins versants de l'Ill et du Rhin ne sont plus nettement séparés, comme ils le sont plus en amont. Lors des grandes crues, des anastomoses entre les bras latéraux de deux cours d'eau ont encore lieu à l'époque actuelle.

Si la basse plaine rhénane n'est plus guère inondée par le Rhin, complètement endigué, et par les résurgences de la nappe aquifère des graviers rhénans, très abaissée, les grandes crues de l'Ill continuent à envahir partiellement le ried.

* Détermination F. Geissert.
** Détermination G. Farjanel.

De la fin du Würm à l'époque actuelle, le Rhin s'est peu à peu cantonné dans sa plaine d'inondation historique (Fz3-4R), à la faveur de l'édification naturelle de levées, en bordure de la zone de divagation du cours principal du fleuve, tendant à isoler le ried des apports sédimentaires rhénans.

L'étude des sols à la surface des graviers rhénans ou des limons qui les recouvrent montre que l'évolution pédologique est plus importante si on s'éloigne du fleuve et qu'elle a permis la distinction, nécessairement schématique entre Fy-z1R, Fy-z3R et Fz3-4R.

Dans les dépressions à l'abri des apports alluviaux rhénans (Ried noir), se sont déposés des limons argileux acides (d'origine vosgienne : Fz1, Fz5) à modérément carbonatés (remaniement des limons alluviaux rhénans : Fz2-3). Localement, des tourbes noires, parfois épaisses, se sont formées.

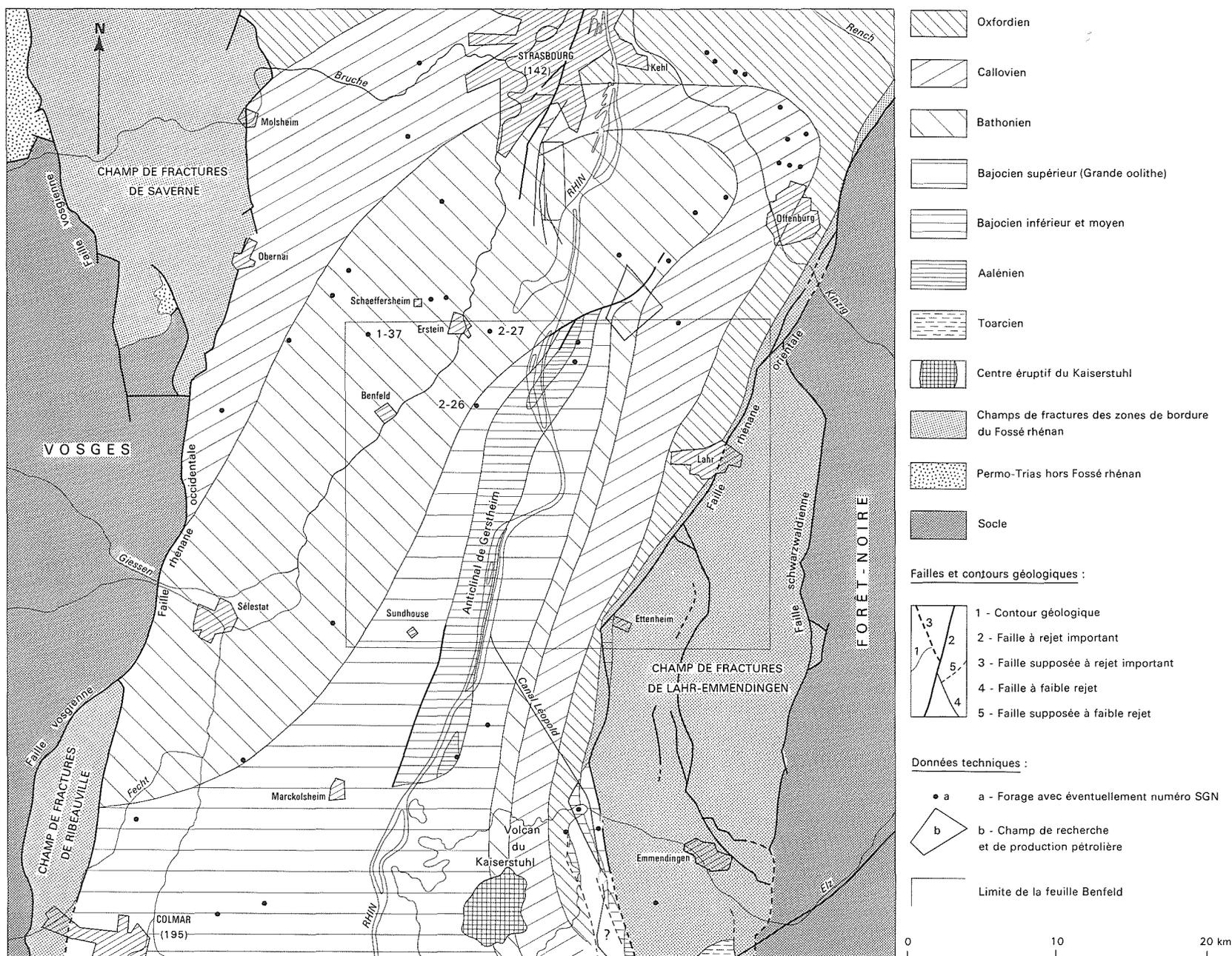
Fz1. Alluvions holocènes de l'III. Limons et argiles, à pH acide et graviers superficiels p.p.. Les alluvions holocènes de l'III comprennent principalement des matériaux fins, limoneux et argileux, déposés par décantation, à la fin des crues (cf. "Ried gris" de Carbiener, 1969). Elles sont fréquemment hydromorphes à faible profondeur (faciès pseudogley à gley, apparaissant à partir de 10 à 50 cm de profondeur). Dans l'axe et à proximité des thalwegs, actuels et anciens, on observe fréquemment des intercalations riches en sables et même en graviers, comme dans la coupe suivante, relevée sur la rive droite de l'III à Erstein, non loin de la berge :

- 0,40 à 0,50 m de limons superficiels ;
- 0,25 à 0,40 m de sables rose pâle grossiers (mélange de matériau d'origine vosgienne et rhénane) ;
- 0,50 à 0,75 m de sables limoneux gris avec des lentilles, épaisses de 0,15 à 0,20 m, riches en débris végétaux à graines de vigne cultivée, noyaux de prunes et de cerises, glands, débris ligneux de chêne, orme et saule (époque historique).

Une autre coupe, relevée également à Erstein, 1 km au Nord de la limite de la carte (coupure à 1/50 000 Strasbourg, X = 994,650 ; Y = 94,850), à 50 m de la berge, en rive droite de l'III, donnera une idée des variations lithologiques des alluvions de la rivière :

- 0,30, limons gris ;
- 0,20 à 0,60, sables grossiers un peu limoneux, avec quelques graviers (taille maximale 6 cm, avec un mélange de matériaux d'origine vosgienne et rhénane), contenant des coquilles de Mollusques : *Unio pictorum*, *Coretus corneus* et *Bithynia tentaculata*.
- visible sur 0,25 m, vase (là où le sable grossier est peu épais).

Fy-z1R. Alluvions rhénanes, d'âge würm à holocène. Limons discontinus, irrégulièrement décalcifiés sur sables et graviers. Dans la partie occidentale du domaine rhénan holocène, l'évolution pédologique à la surface des graviers rhénans affleurants est statistiquement plus poussée que dans la partie orientale. En surface, les graviers rhénans ont généralement une matrice limoneuse, limono-argileuse ou sablo-argileuse. Cette matrice devient sableuse à quelques décimètres de profondeur.



Discontinue et difficile à délimiter, en raison de la végétation, la couverture limoneuse se présente en larges épandages, d'épaisseur variable, mais généralement peu importante ou en remplissage d'anciens chenaux. Irrégulièrement décalcifiés, la plupart de ces limons, d'origine alluviale ont un âge holocène ancien. Ils sont plus ou moins sableux. La décalcification peut être importante et affecter les limons sur une épaisseur atteignant et dépassant 1 mètre. Le carbonate de calcium lessivé s'est parfois accumulé à la base des limons ou dans la partie supérieure des graviers comme on peut l'observer dans la gravière située 700 m au S.SE du clocher d'Herbsheim :

- 0,30, terre végétale limoneuse avec graviers ;
- 0,40, graviers avec accumulation de calcaire, graviers à matrice sableuse (dimension des galets inférieure ou égale à 12 cm).

A proximité de la plaine d'inondation de l'Ill et également vers l'Est, les limons qui recouvrent les alluvions Fy-z1R présentent fréquemment des marques de pédogenèse hydromorphe à faible profondeur (trainées et taches rouille et grises : marmorisation et faciès pseudogley), indiquant qu'ils sont fréquemment baignés par une nappe aquifère temporaire.

A Ehl, à l'Est de Benfeld, le front de taille de l'ancienne gravière située juste au Nord-Est de la maison forestière Ziegelscheuer montre une intercalation sablo-argileuse dans la partie supérieure des graviers rhénans, à une profondeur comprise entre 2 et 3 m, contenant une faune malacologique d'âge tardiglaciaire à boréal (F. Geissert, 1972), comprenant :

- *Columella aspera*, espèce actuellement nordique ;
- *Columella columella gredleri*, espèce représentée aujourd'hui dans les Alpes au-dessus de 1 700 m d'altitude ;
- *Discus ruderratus*, espèce boréo-alpine et fossile directeur des périodes tardiglaciaires à boréales.

Fy-z3R Alluvions rhénanes, d'âge würm à holocène récent. Limons calcaires sur sables et graviers calcaires. Dans une large bande, située à l'Ouest de la plaine d'inondation historique du Rhin, les graviers rhénans sont recouverts par une couverture continue de limons alluviaux épais de 0,30 à 1,20 m, parfois plus. Ils sont localement argileux ou encore sableux ("Ried blond" de Carbiener, 1969). Peu érodés et peu décalcifiés en surface, ces limons sont beaucoup plus récents que ceux qui couronnent les alluvions Fy-z1R.

Fz5. Dépôts complexes du Stangenwald. Argiles, limons, sables argileux et graveleux, à pH acide. Au Sud-Ouest de Wittisheim, une zone légèrement déprimée, centrée sur le Stangenwald, est tapissée de matériaux divers : argiles, limons, ou sables argileux et graveleux, à pH acide et d'épaisseur très variable : 0,40 à 1 m et plus. D'origine vosgienne probable, ces matériaux sont plus ou moins affectés par une pédogenèse hydromorphe (marmorisation, pseudogleys profonds dans les zones les plus déprimées).

FzR. Alluvions des rivières du ried. Argiles à pH acide. Les zones faiblement déprimées au Sud et au Sud-Ouest de Diebolsheim et le fond d'anciens chenaux du Rhin, dont une partie des thalwegs actuels de la Zembs et de son affluent méridional le Hanfgraben, sont tapissés de limons argileux acides de décantation. Variable, l'épaisseur de ces dépôts est généralement comprise entre 0,20

et 0,90 mètre. Au Sud du Diebolsheim, ils occupent le fond de larges chenaux évasés, non localisés sur la carte, entaillés dans les alluvions rhénanes, calcaires jusqu'en surface.

Fz2-3. Complexe du Ried ello-rhénan . Tourbes et alluvions sablo-limoneuses à pH acide ou basique. Les zones les plus caractéristiques du ried sont établies sur des formations gris foncé à noires (Ried noir, Carbiener, 1969), parmi lesquelles on peut distinguer :

- des tourbes franches, d'épaisseur variable ;
- des limons argileux ou des argiles limoneuses à horizon superficiel humique noir (anmoor).

Localisés dans de larges dépressions ou au fond d'anciens chenaux, ces matériaux occupent les zones inondées par les remontées de la nappe aquifère rhénane, moins fréquentes et moins importantes depuis l'endigement du Rhin et surtout depuis le creusement du Grand canal d'Alsace. Ils se rencontrent principalement dans le ried de la Zembs et dans des zones de plus faible extension, dans le ried rhénan (Sud de Diebolsheim ; dans le triangle Boofzheim — Obenheim — Daubensand), ainsi que sur la bordure orientale du ried de l'III.

Les tourbes franches, généralement peu épaisses (0,50 à 2 m) n'ont été figurées que dans les zones où elles sont étendues. Elles sont noires, souvent alcalines ; leur teneur en cendre est variable (25 à 50 % du poids sec, selon Carbiener, 1969). Elles peuvent reposer directement sur les graviers rhénans (Fy-z1R ou Fy-z3R) ou sur des sables et limons argileux gris putrides (gley), comme dans le sondage 1.74 et parfois même sur un dépôt de calcaire crayeux à Characées (Carbiener, 1969).

Selon Oberdorfer (1937), la formation de ces tourbes aurait débuté dans le ried dès le fini-glaciaire, mais leur développement maximum se place, comme dans les Vosges à la période atlantique (Farjanel *et al.*, à paraître).

Les anmoors, humus hydromorphes moins riches en matière organique que les tourbes, ont rarement plus de 30 cm d'épaisseur. Leur matrice minérale est limono-argileuse, de même nature que les horizons de gley et de pseudogley sous-jacents. L'ensemble est calcaire ou acide. Ces formations sont typiques d'un milieu temporairement saturé en eau, à bactéries anaérobies et matière organique bien humifiée (anmoor). Elles peuvent passer latéralement aux tourbes noires.

Le Ried noir, qu'il soit franchement tourbeux ou simplement constitué par un anmoor, ne forme pas un niveau continu. Dans certains chenaux, moins fréquemment humides, les matériaux limono-argileux prennent un aspect "marmorisé", panaché gris et ocre (pseudogley). Sur les parties les moins basses du ried, affleurent des limons argileux ou sableux bruns et même localement des graviers rhénans (Fy-z1R ou Fy-z3R), fréquemment décalcifiés sur une profondeur variable (jusqu'à 1 m). Ces matériaux sont fréquemment hydromorphes (sols marmorisés ou à pseudogley profond).

A une époque récente, le drainage et l'abaissement de la nappe aquifère des graviers rhénans ont fait fréquemment évoluer le Ried noir vers le Ried brun (sols bruns), l'aération des anmoors ayant occasionné une minéralisation rapide de la matière organique. L'association fréquente de coquilles de Mollusques

aquatiques avec une malacofaune vivant sur ces sols montre bien cette évolution. Ainsi à proximité de lambeaux résiduels du Ried noir au Sud-Est de Sermersheim et à l'Est de Sand, F. Geissert (inédit) a déterminé :

● **Faune aquatique :** *Gyraulus rossmaessleri*
(coquilles vides trouvées
en surface) *Bithynia tentaculata*
Anisus leucostomus
Planorbis planorbis
Valvata piscinalis

soit la faune précédant l'assèchement du ried.

● **Faune terrestre :** *Vertigopygmaea*
(vivante) *Carychium tridentatum*
Succinea oblonga
Cochlicopa lubrica
Vallonia pulchella et *costata*
Nesovitrea hammonis

Fz3-4R. Alluvions rhénanes d'âge holocène récent à actuel. Sables et graviers calcaires, largement recouverts de limons calcaires. Les alluvions Fz3-4R, dont la particularité est de n'avoir guère subi de phénomènes de décalcification, sont très récentes. Elles sont localisées dans la plaine d'inondation historique du Rhin, domaine de la forêt alluviale rhénane, assez bien conservée dans le territoire couvert par la feuille (Taubergiessengebiet, à l'Ouest de Rust ; forêt domaniale de Daubensand). Sur un substrat de graviers rhénans, d'âge wurmien en profondeur, holocène à actuel dans leur partie supérieure, reposent des limons, des limons sableux ou des sables calcaires, d'âge holocène récent à actuel, formant l'essentiel des atterrissements. Les graviers affleurent, selon le schéma classique des rivières à méandres, au fond des chenaux et sur les rives convexes des méandres, principalement à l'aval des barrages, car, en amont, le reflux des eaux calmes des retenues provoque le dépôt de vases.

Avant sa régularisation, le cours principal du Rhin, ainsi que ses divagations (fig. 4) variaient largement et se modifiaient à chaque grande crue. Outre ces chenaux, charriant des galets dans les zones à fort courant et déposant des sables et des limons dans les zones d'eau calme, le réseau hydrographique de la basse plaine rhénane comprend des *Giessen*, cours d'eau assez larges et limpides, alimentés par des résurgences d'eau de la nappe des graviers rhénans, comparables aux *Brunnwasser* du ried (voir hydrogéologie). Fraîche (13 à 15° en été), l'eau provient soit d'infiltration directe d'eau du Rhin, soit de la nappe, à partir du ried ou de la basse terrasse wurmienne en Bade (Krause, 1974). Au niveau des sources s'observent des peuplements denses de Characées (*Chara hispida* et *Chara aspera*, Krause, 1974) dont les tiges et organes calcifiés peuvent former un dépôt calcaire si la source fonctionne longtemps et régulièrement. Si le courant est faible des vases à bactéries anaérobies se déposent et tendent à fixer le soufre du milieu sous forme de sulfures.

A l'Ouest de Kappel, sur la rive droite d'un ancien bras de l'Elz (Alte Elz), une petite coupe (X = 3405,75 ; Y = 5352,65) montre sous 0,60 m de sables limoneux micacés, 0,20 m de limons hydromorphes à pseudogley contenant des coquilles de *Galba (Stagnicola) palustris* et *Lymnaea stagnalis* (âge holocène très récent à historique probable).

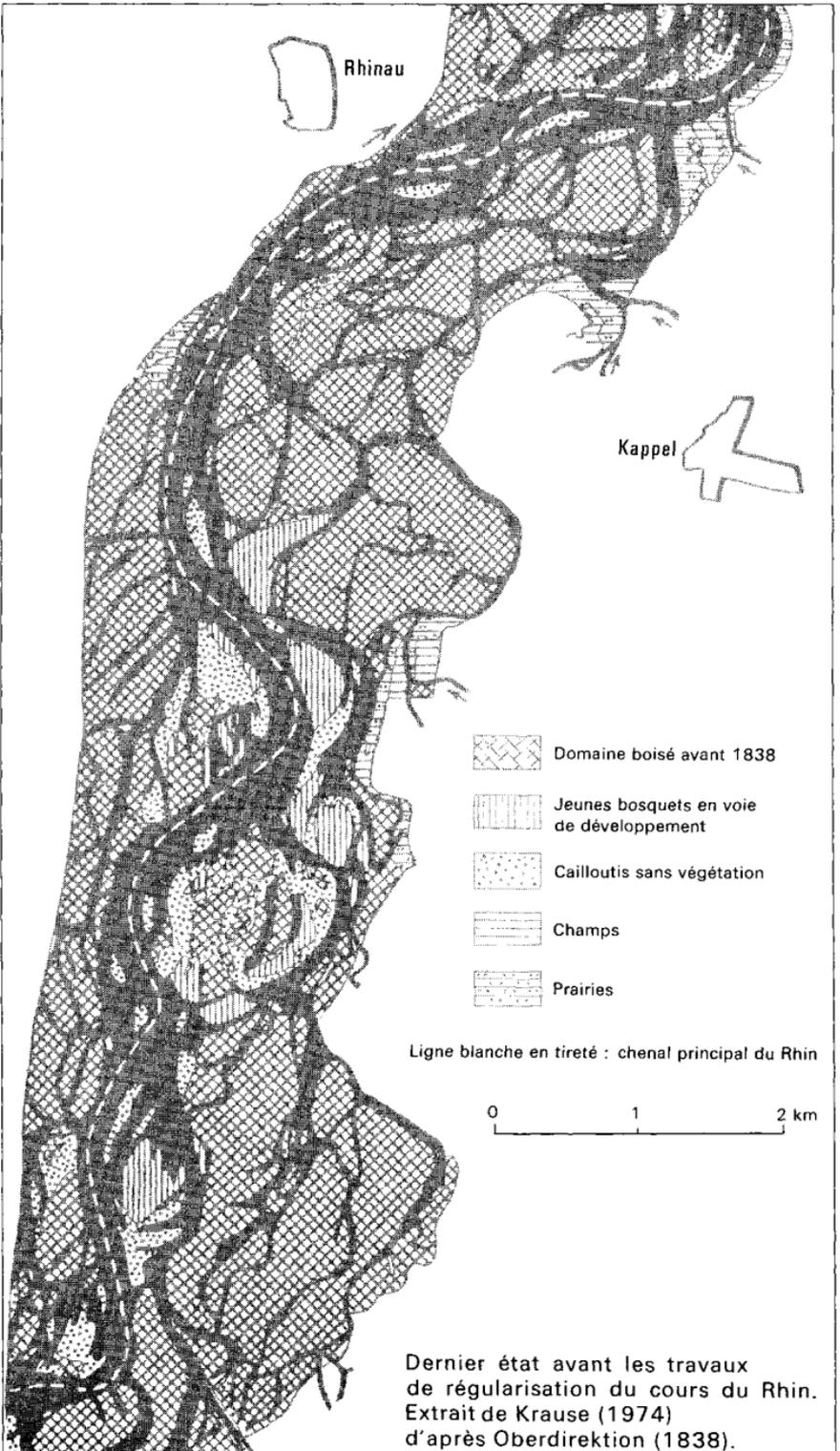


Fig. 4 - Le Rhin, ses bras latéraux et les giesse dans la région du Taubergiesen en 1838

TECTONIQUE

La feuille à 1/50 000 Benfeld se situe dans la partie médiane du Fossé rhénan supérieur. Entre le horst des Vosges et celui de la Forêt-Noire, le Fossé rhénan comprend, d'Ouest en Est, à la latitude de Benfeld (fig. 5) :

- la *faille vosgienne*, qui s'interrompt plus ou moins dans le val de Villé ;
- l'extrémité méridionale du *champ de fractures de Saverne* ;
- la *faille rhénane occidentale* ;
- le *Fossé rhénan* proprement dit ;
- la *faille rhénane orientale* ;
- le *champ de fractures de Lahr — Emmendingen* ;
- la *faille schwarzwaldienne*.

La coupure Benfeld comprend une partie du Fossé rhénan et du champ de fractures de Lahr — Emmendingen.

Tectonique du socle

Sous le territoire couvert par la feuille Benfeld, le socle n'est pas connu. Les structures des Vosges et de la Forêt-Noire, de part et d'autre du Fossé, sont trop différentes pour pouvoir extrapoler, à celui-ci, la structure des zones affleurantes des horsts. Les données géophysiques (voir géologie profonde) sont trop peu nombreuses pour se faire une idée, même schématique, de la structure du socle sous le Fossé. La direction varisque (ou hercynienne), N 70°E environ, y est probablement prédominante.

Tectonique anté-tertiaire affectant les formations secondaires du Fossé

La couverture secondaire affleure dans les champs de fractures des zones de bordure du Fossé et a été reconnue en sondage, au fond de celui-ci. Là, selon Schirardin, 1953, elle est affectée d'ondulations anticlinales et synclinales d'âge prétertiaire. Celles-ci ne sont pas toutes orientées S.SW — N.NE, comme l'avait supposé cet auteur. La carte (fig. 5), établie à partir de sondages plus nombreux que les documents de Schirardin, montre une ride anticlinale sub-méridienne : l'anticlinal de Gertsheim. Tronqué par l'érosion avant la formation du Fossé, cet anticlinal apparaît disymétrique et affecté par une faille dans sa partie nord-ouest (faille de Gertsheim).

Tectonique du Crétacé supérieur à l'époque actuelle : formation et évolution du Fossé rhénan

Si l'histoire sédimentaire différencie les parties méridionale et septentrionale du Fossé rhénan, l'étude tectonique conduit à le subdiviser plutôt en 3 tronçons de directions différentes. La feuille Benfeld se situe au Nord du tronçon méridional, de direction N 20°E (fig. 6). Le Fossé rhénan est une structure tectonique majeure, à l'échelle de l'Europe occidentale. C'est un tronçon de la grande cassure du bâti hercynien, du delta du Rhône au golfe d'Oslo (Norvège), qui s'est formée en contrecoup de la poussée de la plaque africaine contre la plaque européenne (orogénèse alpine). Connue par de très nombreux sondages, le Fossé rhénan a été l'objet de multiples études et constitue un des meilleurs modèles de rift continental. L'étude de synthèse la plus récente est celle d'Illies et Baumann (1982).

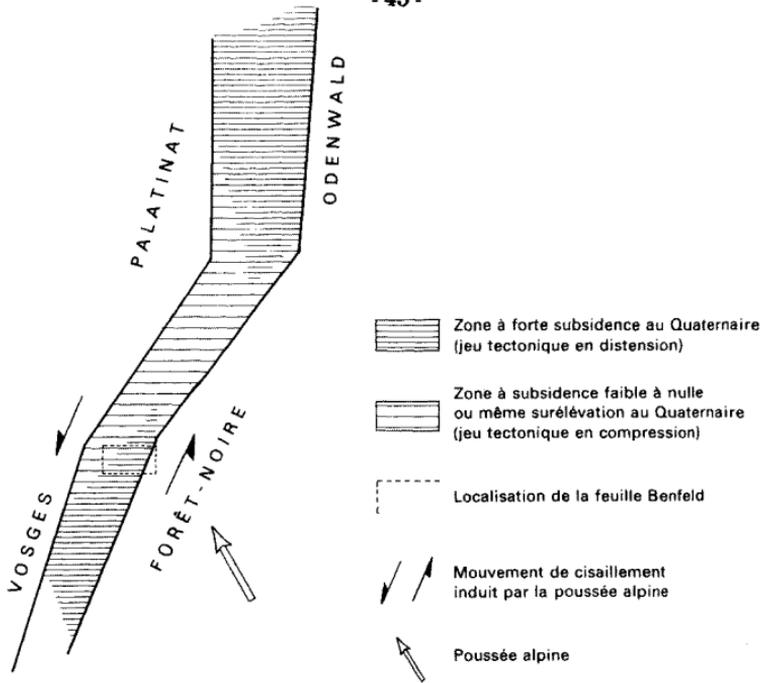


Fig. 6 - Principales contraintes néotectoniques s'exerçant sur le Fossé rhénan
(d'après Illies, 1979)

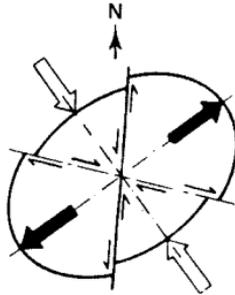
Evolution tectonique du Fossé rhénan

Selon Illies (1962), le Fossé rhénan s'est formé dans une zone de fragilité pré-existante dans le bâti hercynien. L'orogène varisque s'est largement fracturé, selon des directions N 20° à N 30°E, au Carbonifère supérieur, avec de fréquents jeux de cisaillement sénestres (fig. 7, A).

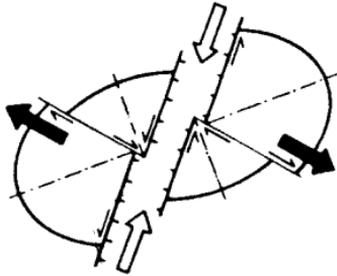
Les premières manifestations des phénomènes de distension qui sont à l'origine de l'ouverture du Fossé rhénan nous sont indiquées par des émissions basaltiques d'âge crétacé (émission la plus ancienne : néphéline à olivine des Trois Epis, 93 M.A. ; Lippolt *et al.*, 1974). Les premiers dépôts datés se sont formés à l'Eocène moyen (Lutétien). Peu épais, ils attestent que la subsidence était très faible. De même nature dans les champs de fractures et le Fossé, ils indiquent que le Fossé rhénan proprement dit n'était pas encore individualisé à cette époque.

A l'Eocène supérieur, le Fossé rhénan s'est nettement individualisé entre les failles rhénanes occidentales et orientales. La distension, en réponse à une contrainte de compression de direction N 20°E (fig. 7, B) a été très active dans la partie méridionale du Fossé et a engendré une forte subsidence. Celle-ci a été très inégale dans les différents compartiments du Fossé morcelé par de nombreuses failles dont la plupart ont eu un jeu synsédimentaire.

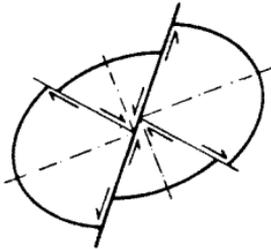
A l'Aquitanién, après le dépôt des Couches de Niederroedern, la subsidence cesse dans le Fossé rhénan méridional, en relation avec un changement dans le champ de contraintes régissant la tectonique rhénane (Illies et Greiner, 1978 ;



C - ELLIPSE DES CONTRAINTES ACTUELLES



B - MOUVEMENTS TERTIAIRES



A - MOUVEMENTS HERCINIENS TARDIFS

Fig. 7 - Ellipses schématisant les champs de contraintes successifs qui ont déterminé l'évolution tectonique du Fossé rhénan.

A : tectonique cassante tardi-hercynienne

B : ouverture et rifting du Fossé rhénan

C : tendances actuelles

D'après Sittler (1984)

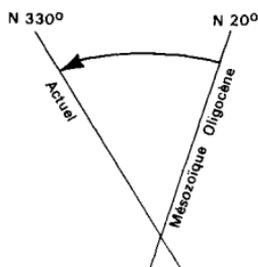


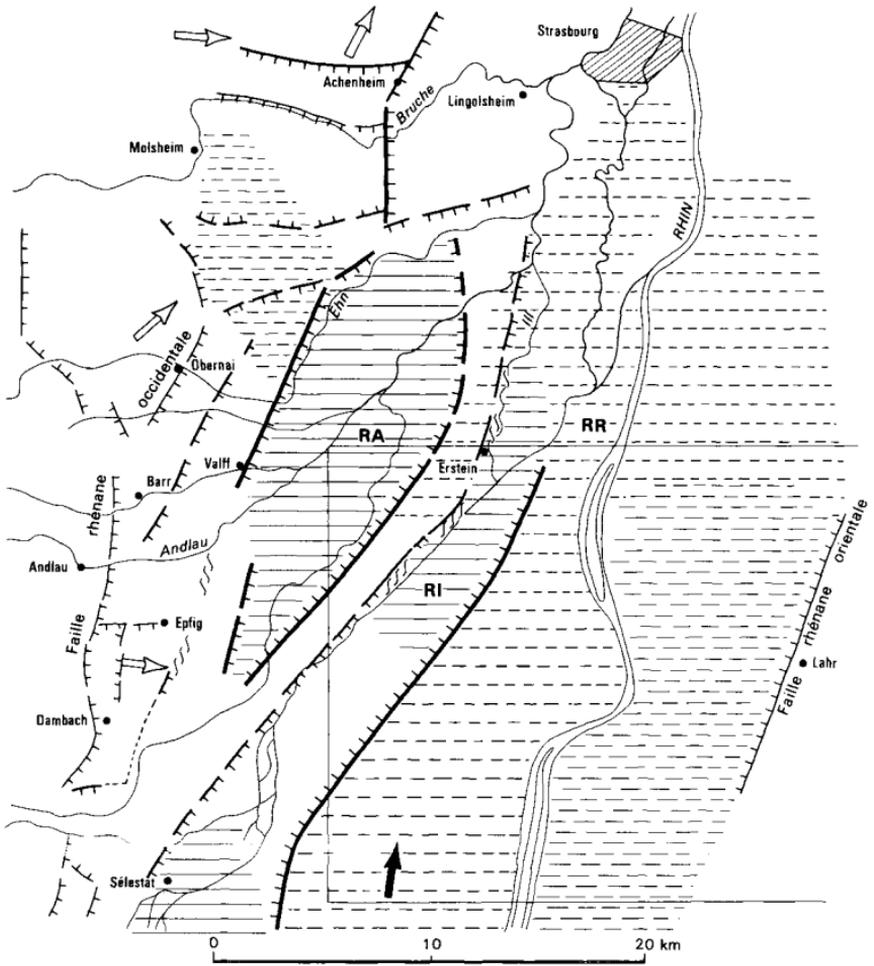
Fig. 8 - Rotation de la direction principale de compression dans le Fossé rhénan du Mésozoïque à l'époque actuelle.

fig. 8). Ensuite, l'activité se manifeste, dans le Sud du graben rhénan, principalement par l'édification du complexe volcanique du Kaiserstuhl (-19 à -14 M.A. ; Baranyl *et al.*, 1976), à l'aplomb d'une remontée du manteau supérieur à une profondeur voisine de 24 km (asthénolithe). La mise en place de l'ankaratrite à mélilite de Mahlberg est une manifestation de cet épisode volcanique.

Au Pliocène, la subsidence reprend localement dans le Fossé rhénan méridional, en relation avec un jeu de décrochement sénestre des bordures du Fossé (fig. 6). Elle a été active au cours du Quaternaire, jusqu'à l'époque actuelle. La comparaison des différentes campagnes de mesures géodésiques, l'étude des tremblements de terre, des observations néotectoniques et des mesures de tension *in situ* ont permis de préciser le champ de contraintes actuelles (fig. 7, C ; Illies et Greiner, 1978 et 1979). Ces conditions néotectoniques sont en accord avec l'évolution du Fossé au cours du Quaternaire. Selon Fourniguet (1985), à la latitude de l'Alsace moyenne, la subsidence serait comprise entre -0,6 et -1 mm par an. Au Quaternaire, comme dans les périodes précédentes, la répartition des zones subsidentes a varié au cours du temps (H. Vogt, 1980). En particulier, les zones déprimées des rieds sont dues à une nette subsidence à l'Holocène, toujours active à l'époque actuelle (fig. 9).

L'instabilité actuelle : la sismicité

Comme l'ensemble du Fossé rhénan, la région a subi de nombreux tremblements de terre à l'époque historique (Bonjer et Fuchs, 1979 ; Vogt et Weber, 1980). Des séismes à épicentres locaux ont secoué la région à l'époque contemporaine : aux environs d'Erstein, en août-septembre 1934 et le 16 mai 1935 (Ann. IPG, 1938) ; près de Gerstheim, le 4 septembre 1959 et le 2 mai 1961 (Ann. IPG, 1967 et 1972). Le séisme de 1959 a atteint l'échelle VII sur l'échelle MSK et a endommagé des cheminées. La profondeur des foyers sismiques est généralement comprise entre 2 et 8 km. Des déplacements verticaux et horizontaux ont été observés. En plus des séismes propres au Fossé rhénan, répartis sur l'ensemble de la structure, la région peut être affectée par des séismes souabes (dernière secousse importante, le 3-9-78), des séismes vosgiens (région de Remiremont) et des séismes jurassiens et bâlois. Le tremblement de terre qui a détruit la ville de Bâle en 1356 a secoué toute la région (J. Vogt, 1979).



Faillies actives

-  Jusqu'au Riss inclus
-  Au Riss-Würm et au Würm
-  A l'Holocène
-  Flexure
-  Limite de la feuille Benfeld

RA = Ried de l'Andlau **RR** = Ried rhénan
RI = Ried ello-rhénan

Gauchissement ou basculement

-  Quaternaire pré-Würm
-  Würm

Aire d'affaissement

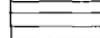
-  Jusqu'au Riss inclus
-  Au Riss-Würm et au Würm
-  A l'Holocène
-  Ligne de croisement des terrasses (pré-Würm)

Fig. 9 - Evolution néotectonique du Fossé rhénan, dans le secteur de la feuille Benfeld (d'après H. Vogt, 1980 complété; extension hypothétique en Pays de Bade).

Structure du Fossé rhénan

Le Fossé est affecté par d'assez nombreuses failles qui le divisent en compartiments allongés ayant généralement la forme de prismes triangulaires renversés (grabens), de prismes trapézoïdaux (horsts) ou encore celle de prismes à section parallélépipédique (panneaux inclinés). La plupart des failles sont normales et nombre d'entre elles sont sensiblement parallèles à l'axe du Fossé, avec un changement de direction notable dans un secteur allant du Sud d'Erstein au Sud de Lahr (fig. 10). Quelques failles, assez sinueuses, ont une direction N 160° à N 170°E (seuil d'Erstein). Illies (1979) les interprète comme des failles de Riedel en échelon, engendrées par le mouvement de cisaillement en N 20°E, décalant les deux bords du Fossé rhénan. Le pendage moyen des failles est de 60 à 65°. Les plus importantes d'entre elles recoupent toute l'épaisseur de la série sédimentaire et affectent le socle. L'étude des tremblements de terre montre qu'elles s'amortissent à une profondeur voisine de 7 km. La carte structurale de la base du Tertiaire (fig. 10) montre que certaines d'entre elles ont un rejet important, de plusieurs centaines de mètres. Au Tertiaire, de nombreuses failles ont eu un jeu synsédimentaire.

Le domaine couvert par la feuille Benfeld correspond à une des parties les moins effondrées du Fossé rhénan, en particulier dans sa partie nord-ouest, sur le seuil d'Erstein (Maïkovsky, 1952) où l'épaisseur de la série sédimentaire tertiaire est inférieure à 1 000 m et sous la plaine de Bade, où la puissance du Tertiaire est inférieure ou égale à 500 mètres.

Précollines de la Forêt-Noire

D'un point de vue structural, les précollines représentées sur la feuille appartiennent au champ de fractures de Lahr — Emmendingen. Celui-ci comprend deux parties ; une partie haute où affleurent les grès du Buntsandstein et une partie basse recouverte de loess. Dans la partie haute, l'orientation rhénane des failles prédomine même si les failles sont fréquemment réorientées nord-est. L'orientation hercynienne ne joue qu'un rôle secondaire. Dans la partie basse, l'épaisse couverture de loess masque le soubassement si bien que l'on peut à peine deviner la structure tectonique. Seul le secteur minier de Ringsheim montre, grâce à de nombreux sondages et affleurements, que le soubassement de cette partie est également très fracturé.

Tandis que dans la série du Buntsandstein la stratification est généralement horizontale, certains affleurements aux environs de Schmieheim montrent un fort pendage (25 à 35°) des assises du Muschelkalk à proximité de failles. Les compartiments jurassiques présentent également un certain pendage : ~ 10° à Ringsheim et 50° à Bergheim. Le compartiment tertiaire du Schutterlindenberg présente un pendage de 10° à regard ouest.

OCCUPATION DU SOL

SOLS ET VÉGÉTATION

Sur le territoire de la feuille Benfeld, les principaux types de sols et de végétation se répartissent selon des bandes orientées sensiblement selon une direction S.SW — N.NE, calquée sur le canevas des formations géologiques affleurantes qui détermine les ensembles géomorphologiques.

Ainsi d'Est en Ouest, on distingue :

- la forêt sur les grès du Buntsandstein ;
- la zone, cultivée en terrasses, des précollines recouvertes de loess ;
- la zone déprimée humide sur colluvions loessiques, au pied des précollines ;
- la plaine agricole de Bade, établie sur les graviers rhénans wurmiens ou leur couverture limoneuse ;
- la plaine d'inondation historique du Rhin ;
- la zone des levées naturelles récentes, établies sur la formation *Fy-z3R* ;
- le Ried ello-rhénan ;
- la zone des levées naturelles anciennes, établie sur la formation *Fy-z1R* ;
- le Ried de l'III ;
- l'Ackerland d'Erstein, sur les loess wurmiens ;
- le Bruch de l'Andlau, sur les alluvions acides d'origine vosgienne.

La plaine d'inondation historique du Rhin et le Ried ello-rhénan comprennent des sites écologiques exceptionnels à l'échelle européenne. Ces sites sont liés au crues nivales du Rhin, qui apportent en juin et juillet de très nombreuses spores et graines provenant de régions à flore continentale, de zones montagneuses élevées à flore arctique (Alpes), de zones de moyenne montagne, collines et plaines à flore atlantique (contreforts nord-ouest des Alpes, Jura, Vosges) et d'éléments de flore méditerranéenne (flore calcicole des collines sous-vosgiennes et pré-jurassiennes). Ils sont bien connus par les travaux d'Issler (1924, 1932), d'Oberdorfer (1957), de Carbiener (1969, 1970, 1974 et 1983), de Walter (1976 et 1979) et de Boudot et Hoff (1978).

L'implantation de nombreuses espèces a été facilitée par une grande diversité édaphique allant de sols franchement calcaires à des sols acides et de sols à tendance xérique (en particulier sur les tumuli) à des sols très hydromorphes.

Dans le Fossé rhénan, il faut souligner également le rôle du relief, des dénivelées topographiques, même très faibles (0,50 à 2 m), jouant un rôle important dans la répartition des sols hydromorphes.

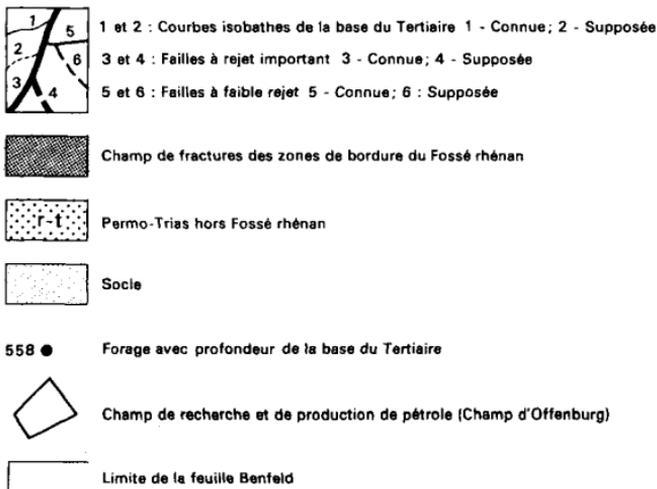


Fig. 10 - Carte structurale de la base du Tertiaire (d'après Walgenwitz *et al.*, 1979)

Zone forestière sur les grès de Buntsandstein, dans les précollines de la Forêt-Noire

Sur les collines gréseuses, les sites de versant prédominent et la plupart des sols sont établis sur les produits de désagrégation et de remaniement des grès (formation de gélifluxion et colluvions). Le conglomérat d'Eck, le Bausandstein, le Conglomérat principal et leurs produits de désagrégation, pauvres en éléments ferro-magnésiens, en bases et en argile sont les roches-mères de sols ocre-podzoliques et de sols podzoliques. Les faibles quantités de fer et d'alumine libérées par l'altération chimique des argiles et des feldspaths sont complexées par les produits organiques solubles, très acides, issus des humus forestiers, acides et entraînées vers la profondeur (podzolisation). La Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*), la Myrtille (*Vaccinium myrtillus*) et la Luzule blanche (*Luzula albida*) sont généralement des espèces indicatives de ces sols.

Les grès du Buntsandstein inférieur et du Buntsandstein supérieur, plus riches en éléments ferro-magnésiens et en argile, sont les roches-mères de sols bruns acides. Si la Canche flexueuse et la Myrtille peuvent encore coloniser ces sols sur les bas-versants à exposition sud, une association à *Millium effusum*, *Oxalis acetosella*, *Lamium galeobdolon*, *Asperula odorata* et *Rubus* sp. remplace ces deux espèces dans des sites plus frais. La Fétuque des bois apparaît dans les sites les plus frais, les plus humides et les moins podzolisés.

Le strate arborescente des collines gréseuses est principalement constituée d'Épicéas plantés dont l'humus acide favorise la podzolisation.

Zone cultivée en terrasses des précollines recouvertes de loess

Très aménagées par l'Homme, les précollines loessiques comprennent essentiellement des sols de culture. Les zones sans terrasse présentent généralement des sols bruns sur les loess en place et des sols peu évolués sur les colluvions loessiques (partie inférieure des versants sans terrasse). Les sols des précollines loessiques sont exploités en polyculture, vigne et vergers.

Zone déprimée humide sur colluvions loessiques, au pied des précollines

Sur les colluvions loessiques de la plaine, les sols sont dans l'ensemble peu évolués et souvent hydromorphes avec un pseudogley ou même un gley peu profond dans les zones les plus humides. Le drainage a réduit considérablement l'extension de ces zones engorgées à gley, maintenant utilisées en prairies, les zones les moins humides étant cultivées.

Plaine agricole de Bade, établie sur les graviers wurmiens ou leur couverture limoneuse

Sur la terrasse wurmienne du Pays de Bade, la plupart des sols sont cultivés (céréales, polyculture). Avant défrichement, cette terrasse comprenait probablement des sols peu évolués d'apport alluvial, pour les zones sujettes aux inondations des rivières originaires de la Forêt-Noire, d'apport colluvial autour des buttes de loess ou des sols bruns pour les parties non recouvertes de dépôts récents. Les zones les plus basses présentent des sols noirs hydromorphes, rappelant les sols les moins calcaires du Ried ello-rhénan, avec des pseudogleys et des gleys apparaissant à faible profondeur et même des dépôts tourbeux (bordures occidentale et orientale de l'Unterwald).

Vers la limite septentrionale de la carte, dans la zone d'ennoisement des graviers wurmiens sous la basse plaine rhénane, les sols deviennent hydro-morphes (pseudo-gley, localement gley), en particulier dans l'ancienne plaine d'inondation de la Schutter, où l'on observe des dépôts tourbeux, les prairies naturelles étant principalement constituées par une association à *Arrhenatherum elatius* (Fromental) et *Alopecurus pratensis* (Arrhenatheretum — Alopecuretosum).

Plaine d'inondation historique du Rhin

Les alluvions Fz3-4R sont les roches-mères de sols bruts alluviaux calcaires qui ont subi localement un début de brunification.

Ces sols nourrissent la luxuriante forêt rhénane. Carbiener (1969, 1970, 1974, 1983b) distingue sur les parties hautes du lit majeur : la forêt alluviale à bois durs (*Hartholzau*), constituée par l'association Fraxino-Ulmetum et, en contrebas, la Saulaie inondable, forêt alluviale à bois tendres (*Weichholzau*), constituée par le Salici-Populetum.

Le Fraximo-Ulmetum, à *Fraxinus excelsior*, *Ulmus campestris* et *Populus alba* comprend 40 à 50 espèces ligneuses avec des individus géants, souvent entourés de lianes vigoureuses : *Clematis vitalba* (Clématite vigne-blanche), *Hedera hibernica* (Lierre) dont le tronc peut dépasser 15 cm de diamètre, *Humulus lupulus* (Houblon) et *Tamulus communis* (Tamier). La vigne sauvage (*Vitis silvestris*), très abondante jusqu'à la fin du siècle dernier, a été exterminée. La strate arbustive et buissonnante est aussi très riche en espèces ; seule la végétation au sol est pauvre et banale.

Dans la forêt à bois tendres, à *Salix alba* et *Populus nigra*, c'est la strate herbacée qui comprend une association très riche en espèces héliophytes et nitrates à *Phalaris arundinacea*, *Symphytum officinale*, *Iris pseudacorus* et nombreux *Carex*. La mycoflore ligneuse est également très riche et spécifique. Les zones de coupes sont rapidement envahies par une mégaphorbie (association à plantes herbacées de grande taille) à *Impatiens glandulifera*, introduite, et *Convolvulus sepium* (Liseron).

Dans les zones basses, isolées du fleuve par des levées, s'est développé un anmoor à gley, à horizon humifère peu épais (Ried blond et noir de Trendel et Carbiener, 1979) occupé par des associations hydrophiles : *Iridetum sibericae*, Molinion (Molinaies) et Magno-Caricion (Caricées).

Avant les travaux de régularisation du cours du Rhin, la forêt occupait toute la plaine d'inondation ; elle est aujourd'hui réduite, les forêts galeries de la feuille Benfeld (forêt de Daubensand, Taubergiessengebiet, etc.) comptant parmi les îlots les mieux préservés.

Zone des levées naturelles récentes établies sur la formation Fy-z3R. (Ried blond de Carbiener, 1969, pro parte)

Sur les levées naturelles récentes, se sont développés des sols bruns calcaires jeunes, marmorisés ou à horizon de pseudogley calcaire dans les zones humides à engorgement temporaire. Initialement, ces sols étaient occupés par une forêt à *Quercus robur* et *Tilia cordata* riche en buissons à *Viburnum lantana*, les bas fonds étant occupés par une frênaie à *Alnus glutinosa* et *Ulmus campestris*.

Après défrichement les sols ont été couverts de prairies de substitution à *Bromus erectus*, comprenant de nombreuses espèces habituellement rares en plaine (*Ophrys aranifera*, *O. fuciflora*, *Anacamptis pyramidalis*, *Orchis ustulata*, *Globularia elongata*, *Euphorbia verrucosa*, *E. seguieriana*). Ces prairies de fauche sont de plus en plus remplacées par des champs de maïs.

Ried ello-rhénan (Ried noir, Carbiener, 1969)

Les sols noirs, tourbeux ou à anmoor étaient initialement occupés par des aulnaies pures à Groseillers sauvages (*Ribes nigra*, *R. rubrum*) et marécages à *Carex* et *Schoenus nigricans*, conservées en boqueteaux. Les prairies de substitution, qui comprennent les espèces les plus rares du ried sont constituées par trois associations (Carbiener, 1983) : l'Orchido-Schoenetum à *Orchis palustris*, *Pinguicula vulgaris*, *Schoenus nigricans*, *Carex davaliana*, *C. buxbaumii* (s.l.) et *Eriophorum latifolium*, l'Iridetum *sibericae* (Molinion) et le *Cirsio-Molinietum*.

Les zones les moins basses du ried sont généralement occupées par les prairies sèches du Mésobrometum qui contiennent quelques espèces alpines comme *Gentiana utriculosa*.

Zone des levées naturelles anciennes, établies sur la formation Fy-z1R

Sur les levées naturelles anciennes se sont développés des sols bruns calcaires ou calciques, jeunes à évolués, avec une décalcification plus ou moins importante de leur horizon superficiel. A proximité du Ried de l'III, apparaissent des plages hydromorphes à sols marmorisés ou à pseudogley.

La chênaie-charmaie, qui a initialement colonisé ces levées anciennes, est encore bien conservée (bois de Semersheim, Riedwald, Mailywald, forêt d'Osthouse). Dans les zones hydromorphes, le Charme prédomine, accompagné d'*Alium ursinum* et de *Scillia bifolia*. Dans les prairies de substitution, on rencontre une association à *Bromus erectus* où, dans les parties les plus décalcifiées, le Fromental (*Arrhenaterum elatius*) est bien représenté, à l'exclusion des espèces calcicoles du Ried blond (Fy-z3R).

Ried de l'III (Ried gris de Carbiener, 1969)

Le Ried de l'III est le domaine de sols bruns, marmorisés, à pseudogley ou à gley apparaissant à une profondeur de 10 à 50 cm. La texture est très variable : argileuse, argilo-limoneuse, limono-argileuse ou limono-sableuse. Le Ried de l'III était largement occupé par la forêt : aulnaie-frênaie dans les zones inondables, forêt mixte, à Chênes, Charmes, Ormes, Merisiers et Tilleuls dans les parties les mieux drainées. Le défrichement a laissé la place à des prairies à Fromental (*Arrhenaterum elatius*), très productives, à espèces hygrophiles dans les bas-fonds (*Carex*, Fétuques, Chardons, Colchiques, Sanguisorbe).

Ackerland d'Erstein, sur les loess wurmiens

L'Ackerland loessique est le domaine des sols bruns calcaires. Initialement occupé par une chênaie-charmaie, à tapis herbacé ayant des affinités étroites avec celui des sols saturés en base, il a été complètement défriché pour laisser la place à une culture intensive de haut rendement (blé, maïs, betteraves).

Sur la bordure occidentale de l'Ackerland, les sols sont calcaires jusqu'en surface, avec un horizon de pseudogley, à partir de 20 à 50 cm.

Bruch de l'Andlau, sur les alluvions acides, d'origine vosgienne

Le Bruch de l'Andläu est le domaine de sols hydromorphes : sols bruns, marmorisés à partir de 20 à 40 cm de profondeur, à texture argilo-limoneuse à limoneuse ; pseudogleys, gleys à anmoor et tourbes.

PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

Malgré la prédominance des dépôts quaternaires, le domaine couvert par la feuille Benfeld n'a donné que peu de témoins préhistoriques. La protohistoire a laissé une quarantaine de tumuli inventoriés par Nicklès (1864). Leur âge ne semble pas remonter au-delà de la civilisation Halistatt ancienne (Hilsenheim ; dernière synthèse Plouin, 1981).

Face à la ville de Benfeld, en rive droite de l'Ill, s'étendait l'important *vicus* romain d'*Helvetum* (Ehl), port fluvial, à l'intersection d'une route allant d'un gué romain vers les Vosges et de la "*Heidenstrassel*" (route païenne), longeant l'Ill. Les fondations d'un temple, des restes de voies romaines, des stèles, des fragments de sculptures et de la céramique y ont été découverts. L'exploration du site n'est pas terminée (dernière synthèse Schaad, 1984).

DONNÉES GÉOTECHNIQUES

Ces notes ont pour objet d'attirer l'attention des utilisateurs sur quelques particularités des principales formations géologiques représentées. Non exhaustives et non fondées pour la plupart sur des études spécialisées, elles ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif. Etant donné la dispersion plus ou moins grande des affleurements qui ont permis de l'établir, la carte, à l'échelle de 1/50 000, ne peut fournir toutes les données géologiques précises de façon ponctuelle. A l'échelle du chantier, elle donne un canevas, avec un inventaire aussi exhaustif que possible des différentes formations géologiques qui doit être précisé par des sondages avant tous travaux importants. Elle permet, en particulier, une meilleure implantation et une meilleure interprétation des forages de reconnaissance. Les conditions locales doivent être étudiées avec soin surtout pour les terrassements importants (pendage des couches, fracturation, régime des venues d'eau, degré d'altération des terrains, conditions d'équilibre des formations superficielles, etc.).

Domaines des rieds

Dans le Bruch de l'Andlau, le Ried de l'Ill et le Ried ello-rhénan, secteurs à vocation forestière, pastorale ou agricole dans les secteurs bien drainés, il est indispensable de connaître le niveau le plus élevé atteint par l'eau (inondation, marques d'hydromorphie dans le sol). Le simple bon sens conseillera d'établir les constructions, mêmes légères, dans les zones les moins basses, de préférence là où affleurent les graviers rhénans, et de faire des observations piézométriques sur une période couvrant plusieurs années. Les remblais devront être conçus et protégés, de manière à éviter les remontées d'eau par capillarité. Les zones limoneuses pourront être explorées par des sondages légers, selon une maille serrée, sous le contrôle d'un géologue spécialiste des

formations superficielles ou d'un pédologue, très compétants dans la reconnaissance des phénomènes d'hydromorphie. Les zones tourbeuses devront être reconnues sur toute leur épaisseur, d'autant plus que l'eau de la nappe des graviers rhénans peut être en charge à leur base (cf. phénomène des *Donnerlöcher*).

Zones de loess

Les loess sont facilement érodés et peuvent être largement évidés par les animaux fouisseurs. En surface, ils sont sensibles au gel. Leur résistance est faible et ils sont sujets à des tassements importants. Les propriétés mécaniques des loess varient largement en fonction de leur teneur en eau. Quand ils sont hydromorphes, leurs caractéristiques deviennent franchement médiocres et ils n'ont plus aucune tenue.

Dans les précollines de la Forêt-Noire, les loess peuvent être épais. Leur base est souvent une surface irrégulière, parfois nettement inclinée. Leur substrat est variable et peut être hétérogène ; peuvent alors se poser des problèmes variés :

- venues d'eau sur les marnes et argiles de l'Oligocène, du Lias et du Keuper ainsi que dans des zones de failles ;
- cavités dans les calcaires du Muschelkalk ;
- pendages dans le sens du versant.

Zones de colluvions loessiques

Remaniés par colluvionnement, les loess deviennent hétérogènes et n'ont plus guère de tenue même à l'état sec. Les colluvions loessiques sont souvent hydromorphes et ont dans cet état de très mauvaises caractéristiques de portance et de tenue.

Zones d'alluvions anciennes (graviers rhénans FyR)

Les graviers rhénans donnent généralement de bonnes assises de fondation. Ils peuvent cependant renfermer des poches de sables ou de limon.

Zones des précollines gréseuses

Dans les précollines gréseuses, les travaux de terrassement rencontrent deux principaux types de matériaux : des grès en place et des formations superficielles sableuses à blocs. Les grès, généralement découpés en blocs par des fissures, à proximité des versants, nécessitent généralement l'emploi de gros engins de déroctage, rarement d'explosifs. Leurs propriétés mécaniques dépendent en grande partie de l'importance et de la qualité des liaisons entre les grains de quartz. Les niveaux sableux, silteux et argileux peuvent donner des venues d'eau et occasionner des désordres dans la stabilité des terrains, en particulier dans les grès du Buntsandstein inférieur et du Buntsandstein supérieur.

Les formations superficielles à blocs, épaisses de 2 à 3 m en moyenne, recouvrent la plupart des versants. Elles n'ont pas été figurées sur la carte. Elles sont très instables, en particulier en bas de versant où elles sont généralement hydromorphes. Sableuses, elles sont facilement érodées par les eaux de ruissellement.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Plaine d'Alsace

L'importante nappe des alluvions du Rhin et de l'Ill s'étend sur l'ensemble de la partie alsacienne de la feuille Benfeld.

Son toit se situe partout à moins de 5 m de profondeur, en moyenne aux environs de 3 m, dans certaines dépressions au niveau du sol.

La puissance de la nappe qui imprègne la totalité des sédiments déposés sur le substratum oligocène varie de 150 à plus de 200 m du Nord-Ouest vers le Sud-Est. En ne considérant que la puissance des alluvions graveleuses quaternaires, la variation est de 70 à 150 mètres. On se trouve ainsi en présence d'un immense réservoir sur toute l'étendue de la feuille.

L'écoulement de la nappe se fait en direction Nord-Nord-Est, parallèlement au Rhin et à l'Ill. Son gradient est de l'ordre de 0,8 ‰, la cote du toit passant de 166 m dans l'extrême Sud-Ouest à 148 m dans le coin nord-est de la feuille.

Le battement du toit de la nappe est inférieur à 0,70 m, variant entre 0,35 et 0,70 m, dans la partie ouest de la feuille pour s'atténuer rapidement vers l'Est et devenir imperceptible au voisinage du Rhin du fait de la régularisation du fleuve et des équipements (centrales de Gertsheim et de Rhinau).

Les caractéristiques hydrodynamiques du milieu aquifère sont très bonnes : d'après les essais sur 2 forages relativement récents, la transmissivité est de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-1} m²/s, la perméabilité de 10^{-1} à 10^{-2} m/s, le coefficient d'emmagasinement est voisin de 10 %. Ces valeurs permettent la réalisation de captages très performants : des débits horaires de plusieurs centaines de m³ avec des rabattements ne dépassant pas 3 m peuvent être obtenus par des forages, classiques bien conçus et soigneusement développés.

L'alimentation en eau potable des collectivités est assurée par une dizaine de forages dont 2 situés à l'extérieur du territoire couvert par la feuille.

Les communes rurales des parties sud et est sont groupées en 5 syndicats et alimentées par des forages ne dépassant pas 20 m de profondeur, exploités à des débits horaires rarement supérieurs à 100 m³. Toutes les communes disposent également de puits incendie de faible profondeur.

Les villes d'Erstein et de Benfeld qui alimentent également les communes du Nord-Ouest de la feuille ont réalisé des captages plus importants pour couvrir leurs besoins :

— Erstein qui exploitait un forage profond de 26 m datant de 1926 à un débit de 2.600 m³/jour (feuille Strasbourg 6-6) a effectué en 1971 un nouveau captage (308-2-59) à 60 m de profondeur. L'ouvrage qui capte la nappe alluviale à partir de 26 m permet une exploitation à un débit horaire de 600 m³.

— Benfeld a également réalisé un nouveau forage (1-45) en 1973 en remplacement de l'ancien (1-1) profond de 25 mètres. Le nouveau captage,

profond de 42 m, crépiné à partir de 22 m, a un débit d'exploitation de 250 m³/h pour un rabattement d'environ 1 mètre.

L'alimentation en eau pour les besoins industriels, le chauffage par pompe à chaleur et l'aspersion des cultures ne pose aucun problème particulier sur l'ensemble de la feuille.

A Erstein un forage (2-49) profond de 20 m est exploité au débit de 240 m³/h par une filature.

A Matzenheim, l'Institut Saint-Joseph pour son chauffage par pompe à chaleur a réalisé un doublet d'un débit d'exploitation de 41 m³/h, le captage (1-64) sollicitant la nappe entre 23 et 30 m de profondeur, le rejet (1-65) distant d'une quarantaine de mètres restituant l'eau à la nappe entre 9 et 15 mètres.

A Benfeld l'installation de chauffage d'immeubles (Jardins de l'Ill) est alimentée à 60 m³/h par un forage (1-60) captant la nappe entre 30 et 40 m de profondeur les eaux sont rejetées dans l'Ill.

A Gerstheim, un forage profond de 22 m (7-6) alimente la P.A.C. de la salle des sports au débit de 25 m³/h.

Sur l'ensemble de la feuille, les conditions hydrogéologiques sont particulièrement favorables pour l'exploitation de la nappe pour les besoins de chauffage, si les ouvrages sont exécutés d'une façon rationnelle surtout quand il s'agit de restituer l'eau exploitée dans la formation aquifère.

Les puits d'aspersion des cultures, exécutés à peu de frais, peuvent être exploités par pompe de surface vu la faible profondeur du toit de la nappe.

La qualité des eaux pompées dans la nappe phréatique est relativement bonne selon les analyses effectuées aux captages d'alimentation en eau potable des collectivités.

Les principales caractéristiques physico-chimiques ne varient que dans de faibles proportions sur l'ensemble de la feuille ; localement on observe toutefois quelques variations selon la situation des captages, leur profondeur et parfois leur ancienneté.

● **Le pH** se situe entre 7,3 et 7,7, les valeurs les plus faibles s'observant dans la zone d'influence de l'Ill dans les captages peu profonds, pendant les premières années d'exploitation.

● **La dureté** est comprise entre 27 et 35° ; les ouvrages d'une dureté supérieure à 30° (valeur limite recommandée) représentent la moitié des captages AEP, en général d'une profondeur ne dépassant pas 20 m, alors que les quelques ouvrages profonds fournissent une eau moins dure.

● **Le résidu sec** varie entre 350 et 500 mg/l, les valeurs les plus faibles s'observant aux captages les plus profonds.

● **Les chlorures** oscillent actuellement entre 60 et 80 mg/l, les teneurs les plus élevées se situant en bordure du Rhin et de l'Ill. Quelques analyses anciennes fournissent des teneurs inférieures à 50 mg/l.

● **Les sulfates** varient entre 30 et 60 mg/l, les teneurs moyennes étant de 40 à 50 mg/l. Les valeurs les plus basses et même inférieures à 30 mg/l ont été observées aux deux forages AEP les plus profonds de Benfeld et Erstein.

● **Les nitrates** d'une concentration inférieure à 25 mg/l, en moyenne actuellement entre 10 et 20 mg/l, marquent une augmentation parfois relativement sensible aux captages pour lesquels on dispose d'analyses anciennes. L'augmentation des teneurs se remarque également aux ouvrages profonds dont les teneurs étaient inférieures à 10 mg/l en début d'exploitation.

● **Le fer et le manganèse** ne présentent des teneurs supérieures aux taux de potabilité qu'à 2 captages pour pompe à chaleur, à Huttenheim et à Benfeld, à proximité immédiate de l'III (jusqu'à 4 mg/l Fe et 1 mg/l Mn). Cette pollution peut être attribuée aux déchets d'anciennes fonderies installées en bordure de l'III en amont d'Huttenheim.

La qualité des eaux exploitées permet l'alimentation des collectivités sans traitement avant distribution.

La vulnérabilité de la nappe dont le toit se trouve à faible profondeur sans couverture susceptible de constituer un écran la protégeant des pollutions à partir de la surface pose un problème non négligeable. Compte tenu de la puissance de la formation aquifère et des résultats obtenus aux quelques forages relativement récents, il paraît judicieux d'exploiter la nappe, pour les besoins des collectivités, par des ouvrages captant les eaux à partir d'une trentaine de mètres de profondeur.

Le Holtzbad, près de la chapelle Saint-Ulrich de Westhouse, ancien établissement de cure prospère au XVIIIe siècle, semble plutôt tirer son origine d'une eau miraculeuse que d'une eau minéralisée.

Donnerlöcher et Brunnenwasser : "résurgences" et écoulements superficiels de la nappe aquifère des alluvions rhénanes. Le Ried ello-rhénan présente de nombreuses sources et rivières liées à une remontée d'eau en surface de la nappe des graviers rhénans. La fréquence de ce phénomène y est tout à fait remarquable et constitue une des originalités du Ried ello-rhénan. Le toit des graviers rhénans étant une surface assez irrégulière, la nappe aquifère est souvent captive dans les parties déprimées du ried. Dans des zones de circulation assez active, au toit de la nappe, la pression exercée par celle-ci arrive à percer la couverture de limons ou de tourbe et à alimenter un écoulement superficiel.

Les sources ainsi créées ont l'aspect d'une résurgence, avec une large vasque d'eau limpide, et sont appelées en dialecte *Donnerlöcher* (trous de Tonnerre). Elles sont sténothermes avec une température voisine de 10°. Leur débit, assez élevé, varie peu, mais il arrive qu'elles tarissent brutalement et qu'elles soient remplacées par un autre *Donnerlöch*, si l'eau de la nappe a trouvé un autre cheminement. Leur composition chimique est très stable, à l'exception de la teneur en chlorures, en augmentation constante du fait de la pollution saline. Elles sont sous saturées en oxygène dissous. Le *Donnerlöch* le plus remarquable est la Belle Source, 2 km au Sud-Est d'Herbsheim, décrite par le pharmacien agronome Napoléon Nicklès (1877) de Benfeld (tableaux n° 5 et 6).

TABLEAU N° 5 - COMPARAISON DE LA TEMPÉRATURE DE L'EAU DE LA "BELLE SOURCE", STÉNOTHERME, AVEC LES TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES

Dates	19-7-1959	27-9-1959	27-1-1960
Température de la Belle Source, Meier-Brook (1960)	10°2	10°2	10°8
Température moyenne de l'air Strasbourg/Colmar (archives IPG, Strasbourg)	23°/23°4	17°4/18°15	2°1/4°5

TABLEAU N° 6 - ANALYSES D'EAU DE LA BELLE SOURCE

(moyennes sur plusieurs années d'après Carbiener, 1983)

Température	10°5 à 11°
Oxygène	4-4,5 ppm (35 %-40 % sat.)
P (phosphates)	1-8 ppb parfois jusqu'à 20
N ammoniacal	0-20 ppb parfois jusqu'à 30
N nitrique	2-5 ppm
Dureté	20-27°F (= 11-15 DH)
Ca	90 à 110 ppm
Mg	15-20 ppm
Cl	40 ppm (1970), 70 ppm (1980) en hausse

ppm = mg/l ; ppb = µg/l

La Belle Source "déverse" des Mollusques fossiles, remaniés des graviers rhénans (Meier-Brook, 1960) :

Espèce	Biotope	Répartition actuelle
<i>Spiralina vorticulus</i>	eau courante	Europe centrale-orientale
<i>Pisidium amnicum</i>	eau courante	
<i>Pisidium supinum</i>	eau très vives (rivières ou fleuve)	
<i>Gyraulus laevis</i>	eau courante	Ne se trouve pas actuellement en Alsace

avec un cortège de Mollusques vivant dans les eaux tranquilles ou stagnantes et *Bythiospeum sterkianum*, espèce de Prosobranch, vivant dans la nappe aquifère.

La zone d'émergence de la Belle Source a migré de plusieurs dizaines de mètres depuis le début du siècle.

Parmi les autres *Donnerlöcher*, citons le Sauerbrunnen, au Sud-Ouest d'Erstein, à la lisière septentrionale de l'Oberwald, dont le débit est important, la source de la Lutter, au Sud-Ouest d'Huttenheim qui rejette fréquemment des coquilles de *Bythiospeum sterkianum*, celle du bois Buhly au Sud de Bindernheim, qui forme un *Brunnwasser*, également alimenté, dans la localité même, en amont et en aval, par de nombreuses sources "en cratères" et des apports latéraux en forme de boyaux.

En Pays de Bade, dans le Taubergiessen, le nom d'un *Donnerloch*, le Blauloch, fait allusion à la teinte bleue de l'eau qui serait due au milieu réducteur des limons et des sables fins bleu noirâtre qui affleurent au fond et sur les bords de la vasque (Krause, 1974), fait déjà observé par Daubrée (1852), près de Rhinau (source "sulfureuse").

Si certains *Donnerlöcher* sont des milieux peu favorables à l'épanouissement de la faune et de la flore, la plupart d'entre eux renferment des espèces exigeant des eaux non polluées, en particulier *Potamogeton coloratus*. *Sium erectum* est fréquent dans les sources à milieu mésotrophe. Parmi la faune, citons *Potamopyrgus jenkinsi*, Mollusque originaire de Nouvelle-Zélande, très fréquent et des poissons de la famille des Salmonidés : la Truite et surtout l'Ombre (*Thymallus thymallus*), espèce montagnarde exigeant des eaux très fraîches, vives et bien aérées.

Les rivières alimentées par les *Donnerlöcher* empruntent généralement d'anciens bras de l'Ill ou du Rhin. Ce sont les "*Brunnwasser*" ou "rivières phréatiques" dont les eaux conservent largement les propriétés de celles de leurs sources. Les principaux d'entre eux ont été figurés en vert sur la carte. Carbiener (1983) a publié de nombreuses données sur les *Donnerlöcher* et les *Brunnwasser*.

Précollines de la Forêt-Noire

Les aquifères où évoluent les eaux souterraines sont de nature très différente. Aux eaux purement interstitielles des alluvions glacio-fluviales sablo-graveleuses de la plaine du Rhin et de la vallée de la Schutter s'opposent les eaux souterraines des roches fissurées du Buntsandstein. Les eaux souterraines des collines recouvertes de loess ne jouent qu'un rôle secondaire dans le cycle des eaux superficielles.

La nappe des grès du Buntsandstein est importante pour l'alimentation en eau. Etant donné que les vallées sont profondément enfoncées, seules de petites nappes lenticulaires sans grande importance ont pu se former dans les grès du Buntsandstein supérieur. La base des grès du Buntsandstein forme un horizon à résurgences. Les sources de la vallée du Litschen et du vallon de Dörlinbach près d'Ettenheimmünster en font partie. Les zones où un dépôt de couverture peu perméable (loess, cônes silteux, dépôts fluviaux limono-argileux) entraîne une remontée du niveau de base de la nappe sont également impor-

tantes pour l'alimentation en eau. Les sources près d'Oberweier, Kuhbach, Ernet (Sud de Lahr), Sulz et Wallburg en sont des exemples. Dans les collines loessiques, les sources sont rares et d'un débit généralement faible. Dans les collines gréseuses seules les alluvions graveleuses de la vallée de la Schutter ont une certaine importance pour l'alimentation en eau potable et en eau industrielle de la ville de Lahr.

Les eaux du Buntsandstein sont généralement très douces : la dureté totale varie entre 1,3 et 3,5 mval (1 mval = 1 meq = 5 degrés français) pour des pH de 6,6 à 6,9. Il est intéressant de comparer les eaux de quelques forages qui sollicitent la nappe alluviale de la Schutter. A Kuhbach, on observe une dureté totale de 1,5 mval pour un pH de 6,5. A l'Est du secteur de Lahr (zone faillée), on note des valeurs entre 3,2 et 4,3 mval pour des pH de 6,8 à 7,2. A l'Ouest de ce champ de fractures, la dureté totale se situe autour de 5,6 mval pour un pH de 7,4 et témoigne ainsi des influences qu'exercent la couverture de loess et probablement les compartiments carbonatés, jouxtant la plaine rhénane.

Au droit du Sulzbach, la dureté totale des eaux contenues dans les graviers originaires de la Forêt-Noire est de 7,1 mval pour un pH de 7,5. On obtient ces mêmes valeurs dans les graviers alpins des alluvions rhénanes près de Mietersheim et dans de larges secteurs de la plaine du Rhin. Elles mettent en évidence que la dureté des eaux souterraines dépend des roches environnantes.

Eau minérale. Le nom de Sulz fait penser que son origine est liée à la présence d'anciennes sources salées. Au siècle dernier, on a effectivement essayé de capter par puits une source minéralisée au Nord de Sulz. Cette tentative a échoué, ainsi qu'à la fin du siècle dernier, une nouvelle tentative pour rencontrer l'eau minéralisée par forage. En 1979, un sondage de recherche d'eau a découvert dans le secteur de l'ancien canton de Sulz une eau sodi-calcique chlorurée sulfatée, d'une minéralisation totale d'environ 7,5 g/l et d'une température de 18,1° C. Cette eau n'est pas encore exploitée.

SUBSTANCES MINÉRALES

Minerais métalliques

Or alluvionnaire. L'or du Rhin n'a plus aujourd'hui qu'une valeur historique et poétique. Il a été exploité, au moins depuis l'époque gauloise jusqu'au siècle dernier. Le mémoire de Daubrée (1846 et 1852), fondé sur les connaissances de l'époque et ses propres observations, fournit des données assez précises. Toutes les alluvions rhénanes seraient aurifères, avec une teneur moyenne voisine de 0,008 ppm. Les paillettes d'or sont principalement concentrées dans certains bancs, nommés *Goldgründe* formés à quelque distance à l'aval d'une rive ou d'une île de gravier par le courant, les teneurs maximales étant inférieures à 0,7 ppm. Pour des raisons de commodité, le gravier aurifère n'était exploité que dans le lit du Rhin, dans les atterrissements à gros galets, formés après une crue. Le gravier exploité avait une teneur moyenne comprise entre 0,13 ppm à 0,15 ppm. L'or se présente en paillettes très minces, à contour arrondi, d'un diamètre inférieur au millimètre. Le poids moyen des paillettes recueillies par la pelle des orpailleurs était de l'ordre de 0,05 mg. Un orpailleur extrayait 0,3 à 5 g d'or par jour. D'après les statistiques de la monnaie de Karlsruhe, la production d'or du Rhin, en pays de Bade, a été en moyenne de 3 kg par an, entre 1748 et 1869.

L'orpaillage se pratiquait surtout à partir de Rhinau et de Wittenweier, jusqu'à Karlsruhe. Il a été pratiquement éliminé de la région par la régularisation du cours du Rhin au siècle dernier.

Des essais semi-industriels de récupération de l'or en sous-produit de l'exploitation des graviers rhénan ont été effectués au Pays de Bade entre 1935 et 1943, par lavage des sables sur des tables spéciales en caoutchouc rainuré (Albiez, 1951). Le poids des paillettes recueillies par cette technique variait de 0,003 à 0,005 mg, n'atteignant qu'exceptionnellement 0,01 mg.

L'origine de l'or du Rhin est mal connue. La littérature ne mentionne qu'une seule découverte de galet de quartz filonien aurifère en plaine d'Alsace, à Strasbourg (Kopp, 1849). Selon Schmid (1971), le métal pourrait provenir des molasses miocènes aurifères de la région de la Napf, en Suisse, mais la composition de l'or du Rhin diffère de celle de la Napf. Comme l'orpaillage ne se pratiquait guère en amont de Rhinau, on peut se demander si l'Elz, à une époque de son histoire n'a pas apporté de l'or depuis son bassin versant en Forêt-Noire. (Compléments historiques dans Gachot, 1965, et bibliographie dans Asselborn, 1983).

Fer : gîtes filoniens. Les quelques traces d'activité minière mentionnées pour cette zone de piémont (Nord de Münchweier, vallée du Litschen, Sud du Kuhbach) sont essentiellement liées aux minéralisations du champ de fractures contenant de la baryte et de l'hématite brune. Ces exploitations visaient le fer. Leur âge n'est pas connu.

Fer : gisements sédimentaires. Les gisements sédimentaires de fer des Couches à *L. murchisonae* près de Ringsheim sont connus depuis fort longtemps et ont été exploités à maintes reprises depuis l'âge du Fer, attesté par les mâchers récoltés et des datations ¹⁴C.

Depuis 1937, ces gisements ont été étudiés : leur épaisseur est de 10 à 11,5 m et les teneurs en Fe sont variables. En coupe, les teneurs en Fe changent et c'est dans la partie moyenne que l'on trouve généralement les teneurs les plus élevées. Dans les années 1940, ces réserves ont été évaluées à 27 millions de tonnes de fer exploitable.

Depuis 1938, ce gisement a été exploité par les Mines de Minerais de Fer de Kahlenberg. La géologie a été décrite dans la partie stratigraphique. Le secteur de la concession a été divisé en plusieurs champs dont une partie seulement se trouve sur le domaine de la feuille (+).

PÉRIODES DE PRODUCTION

+ Carrière de Kahlenberg	1937 - 1969	partiellement exploité
+ Carrière du Rötberg	1952 - 1962	épuisé
Galerie IV	1947 - 1954	épuisé
Galerie de Herbolzheim	1958 - 1964	partiellement exploité
+ Heuberg		inexploité
+ Niederberg		inexploité

Au total, 14.588.782 t de minerai ont été produites. Les teneurs moyennes étaient les suivantes :

Fe	20,5 %		
CaO	23,1 %	Mn	0,23 %
SiO ₂	13,2 %	H ₂ O	5,90 %.

Leur valeur a été évaluée à 117,8 millions de DM (1949 à 1970). Les réserves encore en place au moment de l'abandon de l'exploitation sont estimées à 7 085 000 t de minerai brut. Aujourd'hui, on utilise ces carrières comme dépôts d'ordures.

Substances minérales non métalliques

Gypse. Les tentatives d'exploitation minière de gypse du Keuper près de Burgheim ont été déjà mentionnées. Au siècle dernier, on a exécuté à plusieurs endroits des sondages de recherche de gypse dans le Muschelkalk mais ils ont tous été infructueux.

Houille. Près d'Oberweier, plusieurs sondages ont été exécutés pour tenter de trouver la continuation du niveau houiller de Diersburg – Berghaupten. Aucun d'entre eux n'a rencontré du charbon. Quant au sondage de recherche de houille de Lahr, il a été tout aussi infructueux.

Gaz naturel, pétrole, sel et potasse. Les sondages profonds effectués pour rechercher des gisements de combustibles, du sel ou de la potasse n'ont pas rencontré de gisements notables. Le gisement de gaz de Schaeffersheim (feuille à 1/50 000 Strasbourg) n'atteint pas la limite nord de la carte qui est tout proche, en Pays de Bade, du gisement pétrolifère d'Offenburg.

Tourbe et argile. Ces matériaux sont représentés sur la feuille par des gisements de faible extension, de faible épaisseur et de qualité médiocre. Ils n'ont été exploités que de façon artisanale dans les siècles passés. Daubrée (1852) mentionne l'exploitation ancienne de la tourbe à Hilsenheim et à Rossfeld, dans le ried et il précise que les anciennes excavations ont été remblayées "pour la salubrité du voisinage". Il signale également l'extraction ancienne d'argile à Huttenheim, pour la poterie. Les limons argileux acides des rieds ont, autrefois, été utilisés pour la fabrication des tuiles et des briques, à usage local. La Tuilerie d'en haut, près de la sucrerie d'Erstein, tire probablement son nom de cette ancienne activité.

Roches exploitées

Pierres de taille et de construction. Autrefois, des carrières ouvertes dans le Buntsandstein étaient exploitées un peu partout (principalement dans le Bausandstein, mais aussi dans le Plattensandstein). Actuellement, seule une carrière près de Kubbach est encore exploitée. La carrière ouverte dans la Grande oolithe au Nord de Burgheim est abandonnée, ainsi que les exploitations des roches tertiaires du Schutterlindenberg en bordure de la route B 3.

Matériaux de viabilité. Dans le cadre de la feuille, ce sont les porphyres de la vallée du Litschen qui ont été exploités en deux endroits pour matériaux de viabilité, de même les petites carrières ouvertes dans le Muschelkalk et dans la Grande oolithe.

Sables. Jusqu'à un passé tout récent, les sables éoliens quaternaires ont été exploités pour mortiers d'enduit et de maçonnerie.

Pierres à chaux. Les calcaires du Muschelkalk, de la Grande oolithe et du Tertiaire ont été exploités autrefois pour la fabrication de la chaux, souvent en activité annexe de l'industrie des tuiles et des briques. Au siècle dernier, le Muschelkalk de Niederschoepfheim a été exploité en galerie pour la verrerie d'Offenbourg.

Terre à briques et de tuilerie. De nombreuses petites briqueteries ont exploité autrefois le lehm, les loess des colluvions, mélangés parfois aux loess purs. De nos jours, aucune de ces exploitations ne subsiste sur le domaine de la feuille.

Sables et graviers. Les sables et graviers de la plaine d'Alsace, en particulier les graviers rhénans du Quaternaire supérieur, constituent un gisement considérable de matériaux nobles pour la construction et le génie civil. Leur exploitation, qui a pris une extension considérable, à l'achèvement du grand canal d'Alsace est en voie de stabilisation et même de régression, en raison de deux impacts importants sur l'environnement : les gravières augmentent la vulnérabilité à la pollution de la nappe aquifère des graviers rhénans, dont le rôle est fondamental dans la vie et l'économie de la région ; elles entraînent une perte de terrain se chiffant en centaines d'hectares, pris essentiellement sur le ried et la forêt rhénane.

Sur le territoire de la feuille Benfeld, le gisement théorique des sables et graviers comprend toute la largeur de la plaine rhénane et, dans la zone du Ried ello-rhénan, de nombreuses communes ont au moins une gravière pour leurs besoins propres. La profondeur d'exploitation est liée au talus d'équilibre sous l'eau, avec une pente voisine de 50 %, donc à la dimension de la gravière. Elle est, au maximum, d'une quarantaine de mètres pour les gravières importantes, utilisant les grandes dragues flottantes à grappin. Pour les plus vastes d'entre elles, les nouvelles techniques par aspiration (sucuses par air lift) permettent une extraction à des profondeurs plus importantes au centre de la gravière (60, voire 80 m).

Sur la partie alsacienne de la feuille, 3 gravières ont une importance industrielle : la gravière de Benfeld, au Sud d'Ehl (superficie autorisée 27 ha ; production annuelle autorisée 100 à 150 000 m³), celle de Gerstheim (superficie autorisée 18 ha ; production en 1980, 350 000 m³) et celle de Friesenheim. Sur la partie badoise, les gravières les plus importantes sont localisées autour du massif forestier situé à l'Ouest de Lahr (Unterwald) et dans l'ancienne plaine d'inondation de la Schutter, en aval de Schuttertn.

Considérée à l'échelle des exploitations où les graviers sont raclés sur une épaisseur de 10 à 40 m, la granulométrie du matériau varie peu. Au niveau de l'Alsace moyenne, les alluvions rhénanes comprennent schématiquement 25 à 30 % de galets, 50 à 55 % de graviers et 20 % de sables, la médiane se situant entre 10 et 20 mm. A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous la granulométrie moyenne des matériaux extraits de 3 gravières situées sur la rive droite de l'III.

Dimensions en mm	Benfeld	Matzenheim	Osthouse
Longueur maximale	80 mm	63 mm	40 mm
0 à 0,1	1 %	4 %	1 %
0,1 à 2	7 %	16 %	21 %
2 à 5	8 %	9 %	10 %
5 à 20	52 %	46 %	} 56 %
20 à 50	23 %	21 %	
supérieure à 50	9 %	2 %	

Les galets et les graviers rhénans sont essentiellement constitués de roches dures : quartzites très durs, d'origine alpine, prédominants, quartz, calcaires durs, granites, gneiss, roches volcaniques, donnant des granulats de 1ère qualité. A Benfeld, un comptage indique 40 % de galets carbonatés et 56 % de quartz et de quartzite, mais le pourcentage des galets siliceux est bien souvent supérieur (75 à 80 %). La production est commercialisée sous trois formes (Guernez, 1979) :

- le *tout venant* (25 à 30 % de la production totale), utilisé principalement pour les remblais et les couches de fondation ;
- le *roulé criblé* en plusieurs fractions (65 à 70 % de la production totale), destiné à la fabrication de bétons ;
- le *concassé* (5 à 10 % de la production totale), utilisé en viabilité.

Le déchet (3 % environ de la production totale), des sables fins, est généralement rejeté dans le lac d'extraction ou dans des bassins de décantation. Il peut être utilisé pour certains remblais.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

ITINÉRAIRES GÉOLOGIQUES

Pour observer les différentes formations, l'itinéraire le plus logique est de suivre une ligne oblique allant du Nord-Ouest au Sud-Est de la feuille. Le principal centre d'intérêt est le thème traitant des rapports entre le sous-sol, le sol et la végétation, cette dernière étant d'une exceptionnelle richesse dans le Ried ello-rhénan et dans l'ancienne plaine d'inondation du Rhin. Les coupes les plus nombreuses étant données par les fossés, une période sèche sera plus favorable (crues habituelles de l'III : automne et hiver, parfois début du printemps ; crue principale du Rhin : juin-juillet). Les bottes sont recommandées.

Itinéraire sur la marge alsacienne de la basse plaine rhénane

De Benfeld, le visiteur pourra se diriger vers Westhouse. Dans les loess (Ey, les affleurements les plus fréquents sont les fosses à betteraves (dégagées seulement l'été). Au Nord de Westhouse, prendre le chemin vicinal suivant une direction W.NW, sur les loess, puis les colluvions loessiques, avant d'atteindre les prairies humides à marécageuses du Bruch de l'Andlau.

Traversée du Ried ello-rhénan

A Benfeld, traverser l'Ill. Le Ried de l'Ill est ici très aménagé par l'Homme (il peut être examiné dans un état plus naturel au Sud de Semersheim).

- Gravière située au Nord-Est de la maison forestière Ziegelscheuer. Coupe au sommet des graviers rhénans (Fy-z1R).
- Traversée de Ried brun, par la D 5.
- Herbsheim, 750 m au S.S.E du clocher, gravière communale : accumulation calcaire au sommet des graviers rhénans (Fy-z1R).
- Prendre la D 5 en direction de Boofzheim, 1 km à droite après Herbsheim, prendre un chemin de char longeant la rive gauche du ruisseau de la Vieille Weil (Trulygraben, Brunnwasser), le remonter sur 1 km jusqu'à sa source, la Belle Source, *Donnerlöcher* typique. Le bord de la vasque montre un recouvrement tourbeux sur sable argileux gris (gley). Les graviers rhénaux affluent un peu en aval, au fond du Trulygraben. Association végétale d'une richesse exceptionnelle (site protégé, malheureusement en voie de dégradation rapide).
- Environ de Boofzheim : Ried blond typique (Fy-z3R).
- Rhinau : excursion possible dans la forêt domaniale de Daubensand, ripisylve rhénane typique (Carbiener, 1974), en suivant la route du Rhin vers le Nord.

Plaine de Bade

● Traverser le Rhin par le bac de Rhinau

- Entre le bac et Kappel, zone défrichée et aménagée, à l'arrière des digues, dans la basse plaine rhénane. Petits affleurements de sables limoneux alluviaux.
- De Kappel à Rust, la route longe le talus de la terrasse formée par les graviers rhénans, recouverts par les alluvions anciennes de l'Elz, de teinte rougeâtre. Affleurements possibles sur le bord de la terrasse.
- Rust = excursion possible dans la forêt rhénane préservée du Taubergiessengebiet (*Rheinauerwald*), qui fait partie du territoire communal de Rhinau.
= importantes variations du cours de l'Elz depuis le Würm.
- Grafenhausen : au Sud de la localité, ancienne zone marécageuse (sols noirs), aujourd'hui entièrement drainée, montrant l'incertitude du cours de l'Ettenbach sur la surface de la terrasse formée par les graviers rhénans.
- 2 km au Sud de Grafenhausen, au Nord du Niederwald, bon affleurement des graviers rhénans wurmiens.

● Traverser le Rhin par la retenue de Gertsheim. Vue plongeante sur un lambeau résiduel de forêt rhénane.

- Nonnenweier : noter le faible relief de la terrasse formée par les graviers rhénans wurmiens, beaucoup moins marqué qu'à Kappel. Prendre la route de Kippenheim. A l'Est de la localité : buttes témoins de loess sableux puis prairies marécageuses sur dépôts tourbeux. Gravières exploitant les alluvions rhénanes wurmiennes.

Mahlberg.

Affleurement d'ankartrite à ménilite, au pied du château. Vue sur la plaine de Bade et les anciens chenaux de débordement de l'Ettenbach. Accumulation de loess entre le piton volcanique et les précollines.

Précollines de la Forêt-Noire

— Affleurements de loess un peu partout aux environs d'Ettenheim (ville jumelée avec Benfeld). Le meilleur affleurement de loess est cependant au Nord de Niederschopfheim (angle nord-est de la feuille).

— Münchweier = Détour vers Kippenheim : ancienne carrière de calcaire à entroques (t5a), 500 m au Sud-Est de Schwieheim.

= Entre Münchweier et Ettenheimmünster, sur le versant en rive droite, anciennes carrières dans le Bausandstein.

= Affleurements de paragneiss, au fond de la vallée, plus en amont.

— Vallée du Litschen : affleurements d'arkoses et de conglomérats du Saxonien ; carrière dans des rhyolites permiennees.

— Vallée de la Schutter

= Carrière de Bausandstein en exploitation, W.NW de Kuhbach.

= Affleurement de sables à pisolithes ferrugineux, à la sortie nord de Burgheim (sidérolithique).

= Affleurements de marnes et de conglomérats tertiaires sur les flancs du Schutterlindenbergr, au Nord de Lahr.

On trouvera d'autres renseignements géologiques intéressant la région dans le *Guide géologique régional : Vosges — Alsace*, par J.-P. von Eller, 2e édition, 1984, Masson, Paris.

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBIEZ G. (1951) - Neue Untersuchungen über das Vorkommen von Rheingold. *Ber. d. Naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg i. B.*, 41, p. 179-204.

ASSELBORN E. (1983) - L'or en France. Rhin, Vosges, Lorraine. *Minéraux et fossiles*, n° 100, p. 43-44.

BARANYL I., LIPPOLT H.J. et TODT W. (1976) - Kalium — Argon Altersbestimmungen an tertiären Vulkaniten des Oberrheingraben Gebietes : II Die Alterstraverse vom Hegau nach Lothringen. *Oberrhein geol.*, Abh. 25, p. 41-62, Karlsruhe.

BONJER K. et FUCHS K. (1979) - Real-time monitoring of seismic activity and earthquake mechanisms in the Rhine graben area as a basis for prediction. *Strasbourg*, 5-7 Mars 1979, p. 57-62.

BOUDOT J.-P. et HOFF M. (1978) - Carte phyto-écologique. Feuille Strasbourg 1/100 000. Rapport étude "Ressources naturelles et Aménagement en Alsace". Etablissement public régional, Université Strasbourg I.

CARBIENER R. (1969) - Le Grand Ried d'Alsace. Ecologie d'un paysage. *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, n° 734, p. 15-44.

CARBIENER R. (1970) - Un exemple de type forestier exceptionnel pour l'Europe occidentale : la forêt du lit majeur du Rhin au niveau du Fossé rhénan (Fraxino-Ulmetum, Oberd. 53). Intérêt écologique et biogéographique. Comparaison à d'autres forêts thermohygrophiles. *Vegetatio*, 20, p. 97-148.

CARBIENER R. (1974) - Die linksrheinischen Naturräume und Waldungen der Schutzgebiete von Rhinau und Daubensand (Frankreich): eine pflanzensoziologische und landschaftsökologische Studie. In : Das Taubergiessen-gebiet, Die Natur-und Landschaftsschutzgebiete, Baden - Württemberg, 7, Ludwigsburg, p. 438-535.

CARBIENER R. (1983)a - "Brunnenwasser" (rivières phréatiques). Encyclopédie d'Alsace, Publitaltotal éd., Strasbourg, vol. 2, p. 891-900.

CARBIENER R. (1983)b - Le Grand Ried central d'Alsace : écologie et évolution d'une zone humide d'origine fluviale rhénane. *Bull. Ecol.*, t. 14, 4, p. 249-277.

CAVELIER C. (1979) - La limite Eocène-Oligocène en Europe occidentale. *Sciences géologiques*, Mém. n° 54, p. 116-118, p. 161-163, p. 181-182, Strasbourg.

CHÂTEAUNEUF J.-J. (1980) - Palynologie et paléoclimatologie de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène du bassin de Paris. *Mém. BRGM*, n° 116, p. 292-299.

COURTOT C., GANNAT E. et WENDLING E. (1972) - Le bassin potassique de Mulhouse et ses environs. Etude du Tertiaire. *Sci. géol. Bull.*, 25, 2-3, p. 69-91, Strasbourg.

DAUBRÉE A. (1846) - Mémoire sur la distribution de l'or dans la plaine du Rhin et sur l'extraction de ce métal. *Ann. Mines, Fr.*, (4), X, p. 3-36. Id. *Bull. Soc. géol. Fr.* (2), III, p. 458-465. Id. *C.R. Acad. Sci., Fr.*, p. 639-641.

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

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

EDEL J.-B., CAMPOS ENRIQUEZ O., GOUPILLOT M., KIRO K.N. (1982) - Levé magnétique au sol du Fossé rhénan supérieur. Interprétation géologique. *Bull. BRGM*, sect. 1, Géol. Fr., n° 3, p. 179-192.

FÖRSTER B. (1911) - Ergebnisse der Untersuchung von Bohrproben aus den seit 1904 im Gange befindlichen zur Aufsuchung von Steinsalz und Kalisalzen ausgeführten Tiefbohrungen im Tertiär des Oberelsass. *Mitt. des geol. Landesamt. von Els. Lothr.*, Bd. VII, Hft 4, p. 349-524, pl. I-VII.

FÖRSTER B. (1913) - Die Versteinerungen aus den Tiefbohrungen aus Kali im Oligocän des Oberelsass. *Mitt. des geol. Landesamt. von Els. Lothr.*, Bd. VIII, Hft 1, p. 1-49, pl. I-III.

FOURNIGUET J. (1985) - Géodynamique actuelle dans le Nord et le Nord-Est de la France. Apport des comparaisons de nivellements. Thèse sciences nat., Univ. Orléans, 150 p., bibliog., X annexes et XIII pl. h.t..

GACHOT H. (1937) - Les sondages de Sundhouse et de Molsheim. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, t. 4, p. 91-98, Strasbourg.

GACHOT H. (1965) - L'or du Rhin. *Saisons d'Alsace*, n° 16, p. 421-432, Strasbourg.

GEISSERT F. (1972) - Altholozäne Molluskengesellschaften aus der elsässischen Rheinniederung. Mitt. bad. Landesver. *Naturkunde u. Naturschutz*, N.F. 10, 3, p. 481-486.

GERNEZ J.-M. (1979) - Gravières et sablières de la plaine d'Alsace. Etude et exploitation. *Bull. BRGM*, 2ème sér., sect. III, 1, p. 11-15.

GILLET S. (1953) - Les Marnes à Cyrènes de l'Oligocène d'Alsace. *Rev. IFP*, VIII, 8, p. 395-422.

GILLET S. (1954) - Etude sur l'Oligocène supérieur d'Alsace. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6ème sér., 4, p. 25-29.

ILLIES H. (1962) - Oberrheinisches Grundgebirge und Rheingraben. *Geol. Rundsch.*, 52, p. 317-332.

ILLIES H. (1979) - Mechanism of graben formation. *Tectonophysics*, vol. 73, n° 1-3, special issue, p. 249-266, Amsterdam.

ILLIES J.-H. et BAUMANN H. (1982) - Crustal dynamics and morphodynamics of the Western European Rift system. *Z. Geomorph. N.F.*, suppl. Bd 42, p. 135-165, Berlin, Stuttgart.

ILLIES J.-H. et GREINER G. (1978) - Rhinegraben and the Alpine system. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 89, n° 5, p. 770-782.

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

ISSLER E. (1924) - Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante. I - Les forêts d'arbres feuillus. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, 17, p. 3-67.

ISSLER E. (1932) - Les prairies non fumées du Ried ello-rhénan et le Mésobrometum du Haut-Rhin. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, 23, p. 29-44.

ISSLER E. (1934) - Les bois d'Aulne et le Charme en Alsace. *Bull. Soc. dendrologique de France*.

JUILLARD E. (1953) - La vie rurale dans la plaine de Basse Alsace. Strasbourg, Paris, 583 p..

JUNKER B. et ESSLER H. (1980) - Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Raum Lahr. Carte et notice. Geol. Landesamt Bad. Württ., Freiburg i B.; Landesanstalt Umweltschutz Bad. Württ., Karlsruhe.

KOPP E. (1849) - Gravier aurifère de l'Ill. *L'Institut*, XVII, p. 215.

KRAUSE W. (1966) - Geographische Interpretation einer Gründland-Vegetationskarte der südbadischen Rheinebene. *Erdkunde, Archiv für wissenschaftliche Geographie*, Bd. XX, L, fg 1, Bonn, p. 37-44, 4 cartes h.t..

KRAUSE W. (1974) - Das Taubergiessengebiet, Beispiel jüngster Standortsgeschichte in der Oberrheinaue. Das Taubergiessengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Ludwigsburg, Naturschutzgeb. Bad.-Württ., vol. 7, p. 147-171.

LEIBER J. (1976) - Die Schichtenfolge der Tiefbohrung Lahr. *Jh. geol. Landesamt Bad. Württ.*, 18, p. 105-112, Freiburg i. B..

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

LIPPOLT H.-J., TODT W. and HORN P. (1974) - Apparent Potassium-Argon Ages of the lower Tertiary Rhine Graben volcanics in ILLIES J.-H. and FUCHS K. (1974) - Approach to taphrogenesis. Proc. Int. Rift Symp. Karlsruhe, 1972, Int. Union Commission on Geodynamic Scientific report n° 8, Stuttgart, p. 213-221.

MAÏKOVSKY V. (1941) - Contribution à l'étude paléontologique et stratigraphique du bassin potassique d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, n° 6, 192 p., 1 p. err., 18 tabl., XIV pl., 1 carte h.t., Strasbourg.

MAÏKOVSKY V. (1952) - Le pétrole dans le Haut-Rhin : le sondage de Staffelfelden IV D.P. XXV. *Bull. Soc. Indust. Mulhouse*, 1, p. 25-34.

MEIER-BROOK C. (1960) - Der Truligraben, ein bemerkenswertes Gewässer. *Mitt. bad. Landesverein Naturkunde u. Naturschutz*, N.F., 7, 6, p. 435-439.

MÜLLER C. (1971) - Nannoplankton-Gemeinschaften aus dem W. deutschen Mittel-Oligozän. *Notizbl. hess. L. Amt Bodenforsch.*, 99, p. 43-53.

NICKLÈS Napoléon (1864) - Helvetus et ses environs, Ehl près de Benfeld, au Ve siècle. *Bull. Soc. Conserv. Monum. hist. Alsace*, IIème sér., t. II, 1863-1864, p. 113-158, Paris, Strasbourg.

NICKLÈS Napoléon (1877) - Coup d'oeil sur la végétation de l'arrondissement de Sélestat. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*.

OBERDORFER E. (1937) - Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Oberelsasses und der Vogesen. *Zeitschrift für Botanik*, Bd. 30, p. 513-571 (Ohnenheim, p. 514-519).

OBERDORFER E. (1957) - Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Fisher, Jena, 564 p..

PLOUIN S. (1981) - Hallstatt (Premier Age du Fer : 750-480 avant J.-C.). L'encyclopédie de l'Alsace, vol. 6, p. 3694-3701, Publital éd., Strasbourg.

SCHAAD D. (1984) - Ehl (Ellelum-Helvetum) - Archéologie. L'encyclopédie de l'Alsace, vol. 5, p. 2666-2669, Publital éd., Strasbourg.

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

SCHMID C. (1971) - Das Goldvorkommen im Napfgebiet. *S.S.*, 8, p. 284-292.

SCHNARRENBARGER C. (1934) - Sondages dans les environs de Lahr (Pays de Bade). *C.R. séance groupe Géol. Pétr. Strasbourg*, 2, p. 21-24, Strasbourg.

SITTLER C. (1965) - Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 14, 262 p., Strasbourg.

SITTLER C. (1980) - Fossé rhénan in CHAUVE P., ENAY R., FLUCK P. et SITTLER C. (1980) - L'Est de la France (Vosges, Fossé rhénan, Bresse, Jura). Publi. 26ème Congrès géol. international et *Ann. scientif. Univ. Besançon*, 4ème sér., fasc. 1, p. 3-80.

SITTLER C. (1984) - Fossé rhénan. L'encyclopédie de l'Alsace, vol. 6, p. 3122-3137, Publital éd., Strasbourg.

STCHÉPINSKY A. (1963) - Etudes des Ostracodes du Stampien d'Alsace et compléments à l'étude des Ostracodes du Sannoisien d'Alsace. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 16, 3, p. 151-174.

TRENDEL J. et CARBIENER C. (1979) - Premiers résultats d'une étude de la mycoflore de macromycètes de lisières de forêts et d'arbres isolés dans les prairies du Grand Ried d'Alsace. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, 56, p. 57-60.

VOGT J., CADIOT B., DELAUNAY J., FAURY G., MASSINON B., MAYER-ROSA D. et WEBER C. (1979) - Les tremblements de terre en France. *Mém. BRGM*, n° 96, 220 p., 1 carte h.t..

VOGT J. et WEBER C. (1980) - Carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000 et notice. BRGM, Orléans.

VOGT H. (1980) - Étude géomorphologique du rebord sud-occidental du Fossé rhénan. Thèse lettres, Université Strasbourg I, 372 p., 65 p. bibliog..

WALGENWITZ F., MAGET R., TIETZE R., NEEB I. (1979) - Synthèse géothermique du Fossé rhénan supérieur. Commission of european Communities; DGRST; Serv. géol. régional Alsace (BRGM), Strasbourg; Geol. Landesamt Bad. Württ., Freiburg i. B., 101 p., 23 pl. h.t..

WALTER J.-M. (1976) - Arbres et forêts alluviales du Rhin. *Bull. Soc. Hist. nat. Colmar*, 55, p. 37-88.

WALTER J.-M. (1979) - Etude des structures spatiales en forêt alluviale rhénane. *Oecologia Plantar*, 14, p. 345-359 et p. 404-410.

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

Cartes géologiques à 1/80 000

- Feuille *Strasbourg* : 1ère édition (1896), par Ch. Vélain
2ème édition (1958), coordination par M. Jarovoy.
- Feuille *Colmar* : 1ère édition (couverture partielle) (1893), par Ch. Vélain
2ème édition (1962), coordination par C. Dubois.

Carte des gîtes minéraux de la France à 1/500 000

- Feuille *Strasbourg* (1982), coordination par J. Méloux.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du BRGM détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés en France dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux.

Les documents peuvent être consultés soit au SGR Alsace, 204 route de Schirmeck, 67200 Strasbourg, soit au BRGM, Maison de la Géologie, 77 rue Claude Bernard, 75005 Paris.

AUTEURS DE LA NOTICE

- | | |
|-------------------------------|---|
| Introduction | F. MÉNILLET, ingénieur géologue
au BRGM |
| Terrains non affleurants | |
| Précollines de la Forêt-Noire | J. LEIBER, Obergeologierat, Geologisches
Landesamt Baden-Württemberg,
Freiburg i. B.
Traduction U. PAQUET, documentaliste
au Service géologique régional Alsace |
| Plaine de Bade | F. MÉNILLET avec la collaboration de
F. GEISSERT, collaborateur bénévole à la
carte géologique de France |
| Plaine d'Alsace | F. MÉNILLET, d'après un manuscrit de
J.-P. BOUDOT, chargé de recherches au
Centre de pédologie biologique de Nancy
(CNRS) et des notes de F. GEISSERT |
| Tectonique | F. MÉNILLET et J. LEIBER |
| Sols et végétation | J.-P. BOUDOT et F. MÉNILLET |
| Minerais et matériaux | F. MÉNILLET et J. LEIBER |
| Hydrogéologie | P. SCHWOERER et J. LEIBER |

Données géotechniques
Archéologie
Itinéraire géologique

} F. MÉNILLET

Coordination

F. MÉNILLET