



BRGM

MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
Direction de la Sécurité Civile
Sous Direction des Risques Naturels
et Technologiques
1 Place Beauvau 75 800 PARIS

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
Délégation aux Risques Majeurs
14 Boulevard Général Leclerc
92 254 NEUILLY SUR SEINE

Cadre néotectonique du fossé rhénan méridional
Implications pour l'évaluation de l'aléa sismique

RAPPORT D'AVANCEMENT

Novembre 1988
88 SGN 883 GEG



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
Direction de la Sécurité Civile
Sous Direction des Risques Naturels
et Technologiques
1 Place Beauvau 75 800 PARIS

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
Délégation aux Risques Majeurs
14 Boulevard Général Leclerc
92 254 NEUILLY SUR SEINE

Cadre néotectonique du fossé rhénan méridional Implications pour l'évaluation de l'aléa sismique

RAPPORT D'AVANCEMENT

par **B. SAURET**

Novembre 1988
88 SGN 883 GEG

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
Département Ingénierie Géotechnique . Atelier Risque et Génie sismiques
Domaine de Luminy Route Léon Lachamp 13009 Marseille
Tél : 91 41 24 46 . Télécopie : 91 41 15 10 . Télex BRGM 401 585 F

CADRE NEOTECTONIQUE DU FOSSE RHENAN MERIDIONAL
IMPLICATIONS POUR L'EVALUATION DE L'ALEA SISMIQUE

RAPPORT D'AVANCEMENT

par

B. SAURET

88 SGN 883 GEG

Marseille, novembre 1988

R E S U M E

Dans le cadre de l'évaluation de l'aléa sismique du Fossé Rhénan méridional, le présent travail, exclusivement réalisé à partir d'une étude bibliographique, présente les caractéristiques tectoniques et néotectoniques principales de la région de Mulhouse :

- ♦ *activité plioquaternaire des 4 directions structurales principales (N-S, N 20-N 50, N 90, N 150),*
- ♦ *preuves ou présomptions de mouvements très récents (inférieurs à - 35.000 ans) sur certains accidents,*
- ♦ *épaisseurs d'alluvions importantes pouvant dépasser 200 m.*
- ♦ *subsidence plioquaternaire de certains secteurs de la plaine du Rhin.*

Des informations préliminaires concernant les localités comportant des industries à haut risque en sont tirées.

TABLE DES MATIERES

| | pages |
|---|-------|
| RESUME | |
| 1. INTRODUCTION | 1 |
| 2. CADRE STRUCTURAL DU FOSSE RHENAN MERIDIONAL | 3 |
| 2.1 - Structures des bordures | 3 |
| 2.2 - Structure du Fossé | 8 |
| 2.2.1 - Le bassin potassique | 8 |
| 2.2.2 - Le Sundgau | 20 |
| 3. DEFORMATIONS RECENTES | 27 |
| 3.1 - Présentation | 27 |
| 3.2 - Observations géomorphologiques générales | 27 |
| 3.3 - Observations localisées | 31 |
| 3.3.1 - Déformations récentes des bordures du Fossé | 35 |
| 3.3.1.1 - Le massif des Vosges | 35 |
| 3.3.1.2 - Le massif du Schwaz wald (Forêt Noire) | 37 |
| 3.3.1.3 - Bordure du Jura alsacien | 39 |
| 3.3.2 - Déformations récentes liées aux structures | 39 |
| du fossé rhénan proprement dit | |
| 3.3.2.1 - Le bassin potassique | 39 |
| 3.3.2.2 - Le Sundgau | 43 |
| 4. CONCLUSIONS | 45 |
| Bibliographie | 51 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| 1. Cadre néotectonique du Fossé Rhénan | 4 |
| d'après ILLIES et GREINER (1978) | |
| 2. Coupe schématique du Fossé Rhénan | 5 |
| d'après SITTLER in VON ELLER (1976) | |
| 3. Représentation schématique des grands accidents | 7 |
| des Vosges moyennes et méridionales, | |
| d'après RUHLAND (1975) | |
| 4. Bloc-diagramme du champ de fractures de Guebwiller | 7 |
| d'après THEOBALD (1952) in VON ELLER (1976) | |
| 5. Coupes géologiques des collines sous-vosgiennes | 9 |
| d'après HILERMANN (1972) | |
| 6. Coupes géologiques à travers la flexure du Rhin | 10 |
| d'après BITTERLI-BRUNNER et al (1975) | |

Liste des planches

1. Cadre structural du Fossé Rhénan méridional et de ses bordures (1/250.000), d'après diverses sources (voir le texte)
2. Carte néotectonique (Plio-Quaternaire) du Fossé Rhénan méridional et de ses bordures (1/250.000) d'après les données de THEOBALD et al (1977) et VOGT (1980)

Liste des tableaux

1. Essai de classification des failles en fonction des critères d'activité (commentaire dans le texte)
2. Epaisseurs des alluvions à l'aplomb des localités comportant une ou plusieurs industries à haut risque, d'après la carte géologique 1/50.000 de Mulhouse (1976) et SIMLER et THEOBALD (1970)

Annexe

Echelle stratigraphique du Quaternaire.

INTRODUCTION

■ Les données de sismicité historique et actuelle ne présentent qu'une image imparfaite des déformations que subit l'écorce terrestre ; à savoir un "instantané" à l'échelle du million d'années. Un certain "recul chronologique" apparaît donc nécessaire à la compréhension des phénomènes sismotectoniques entrant en jeu dans la génèse de la sismicité.

Un tel "recul chronologique" est fourni par les études néotectoniques dont le but principal est, en termes d'aléa sismique, d'identifier et de caractériser les accidents actifs dans un passé proche* et ceux susceptibles de l'être.

■ En vue d'évaluer l'aléa sismique sur les sites industriels à haut risque de la région de Mulhouse-Altkirch (Haut-Rhin), un premier rapport (SAURET, 1988) présente le cadre géodynamique et tectonique du Fossé Rhénan dans un rayon de 200 km autour des sites. l'objet du présent rapport est l'étude tectonique et néotectonique d'un secteur d'une trentaine de kilomètres autour des sites (à savoir la partie méridionale du Fossé Rhénan) afin de mettre en évidence les structures actives les plus proches. On se doit en effet de tenir compte des effets particuliers qui peuvent leur être associés à savoir :

- des ruptures de surface, expression superficielle instantanée de la déformation tectonique liée à un évènement sismique

- des effets en champ très proche, caractérisés par des amplitudes temporelles importantes dans le sens vertical en général cantonnées de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres de part et d'autre des accidents.

La confrontation des données néotectoniques présentées ici avec celles des comparaisons de nivellement qui mettent en évidence des déformations actuelles fait l'objet d'un rapport indépendant.

* Par convention le Plio-Quaternaire (- 1,8 millions d'années). (Toutefois les conditions d'affleurement peuvent obliger à considérer un intervalle de temps plus important, pouvant remonter jusqu'à 10 millions d'années).

■ La région de Mulhouse-Altkirch se situe à l'extrémité sud du Fossé Rhénan. Dans ce secteur, la plaine d'Alsace est dominée par les reliefs appartenant à l'Ouest au Massif des Vosges, à l'Est à la Forêt Noire (Schwarzwald) et au Sud au Jura.

Sont d'abord présentées les caractéristiques tectoniques principales de ces bordures (2.1) et ensuite celles du sous-sol de la plaine elle-même (2.2). Ce cadre tectonique étant fixé, on présente les déformations récentes attribuées à ces structures (3).

Les conclusions concernant l'évaluation de l'aléa sismique sont ensuite tirées (4). Il est important de préciser que ces conclusions concernent les localités comportant des sites industriels à haut risque et **ne peuvent être extrapolées aux sites eux-mêmes** dont, à ce stade du travail, les implantations n'étaient pas connues.

CADRE STRUCTURAL DU FOSSE RHENAN MERIDIONAL

2.1 - STRUCTURES DES BORDURES

La région étudiée (Planche 1) se situe à l'extrémité sud du Fossé Rhénan (Fig.1). On rappelle que les caractéristiques tectoniques générales et sa structure profonde (Fig.2) de ce fossé ont fait l'objet de nombreux travaux et qu'elles sont présentées dans le 1^{er} rapport (SAURET, 1988).

Les bordures externes du Fossé Rhénan sont caractérisées par un faisceau de failles normales parallèles. Ainsi distingue-t-on classiquement :

♦ au niveau de la bordure des Vosges, la "faille vosgienne" en position externe par rapport au fossé et la "faille rhénane" en position interne,

♦ au niveau de la bordure de la Forêt Noire, la "faille schwarzwaldienne", en position externe par rapport au fossé et la "faille rhénane" en position interne,

La "faille vosgienne" (ou "schwarzwaldienne") a un pendage de 40 à 65° en direction du fossé et un rejet de l'ordre de 800 à 1000 m. La "faille rhénane" a généralement un pendage plus fort (de 75 à 80) et son rejet peut atteindre 1800 m.

Ces 2 systèmes de failles majeures délimitent de part et d'autre du fossé proprement dit des "champs de fractures" dont les réseaux de failles découpent de petits compartiments. Ces "champs de fracture" sont dans la région Vosges-Alsace les lieux d'affleurements exclusifs de la série sédimentaire complète du Secondaire et des faciès bordiers du Tertiaire rhénan. Au point de vue morphologique ces "champs de fractures" correspondent à une zone de collines dites "sous-vosgiennes" qui séparent sur presque toute sa longueur le Massif des Vosges de la plaine rhénane :

■ entre Colmar et Belfort s'individualisent les "champs de fractures" de (1) Guebwiller-Rouffach et de (2) Vieux Thann et de Lauw-Sentheim (Fig.3). Le premier se développe sur une longueur de 20 km entre Eguisheim et Soultz et sur une largeur de 8 km à la hauteur de Mouffach (Fig.4,5).

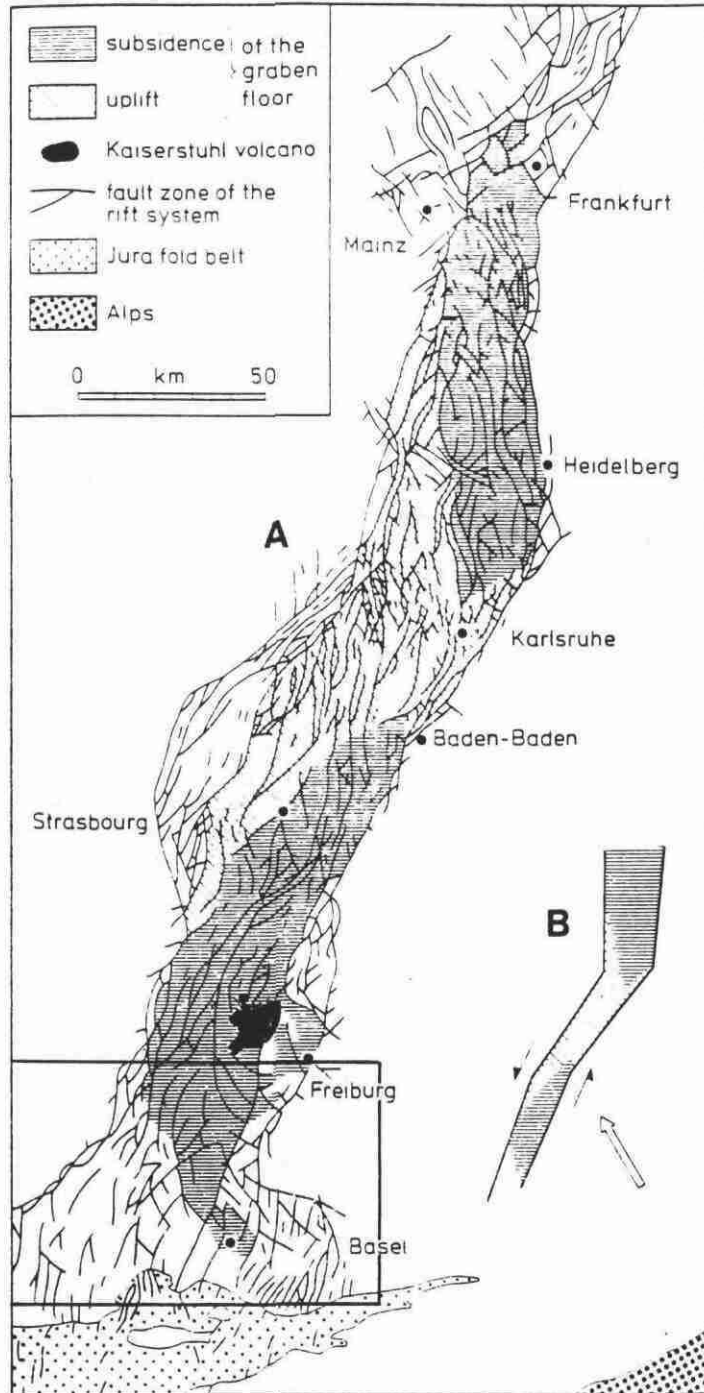


Figure 1
CADRE NEOTECTONIQUE DU FOSSE RHENAN,
d'après ILLIES et GREINER (1978)

□ Secteur étudié

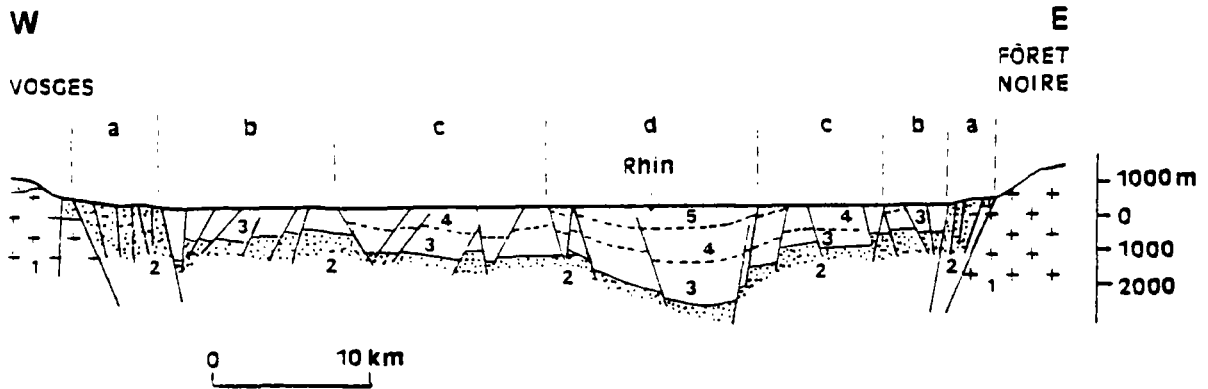


Fig.2 . - Coupe schématique du Fossé rhénan (d'après C. Sittler in J.P. von Eller, 1976).

a, champs de fractures ; b, zones marginales ; c, zones moyennes ; d, zone centrale.
1, socle ; 2, Mésozoïque ; 3, Oligocène inférieur ; 4, Oligocène moyen ; 5, Oligocène supérieur.

Au SW de Colmar cette largeur devient inférieure à 1 km (Fig.5).

Pour le 2ème, il s'agit plutôt d'une zone faillée étroite (1-2 km de large) qui borde les Vosges entre Wuentheim et Lauw, soit sur près de 20 km dans le prolongement du faisceau de Belfort.

Cette zone se singularise par son orientation NE-SW et par les rejets importants le long des failles bordières. En outre, elle correspond à la culmination des Vosges (Grand Ballon, 1423 m) et au maximum d'effondrement du fossé rhénan (le sommet du socle hercynien se trouverait à une côte inférieure à - 3000 m d'après les renseignements recueillis en sondage dans le bassin potassique, ce qui correspond à un rejet total supérieur à 4400 m (VON ELLER, 1976).

■ Entre Lörrach et Bâle s'individualise le champ de fractures de Kandern-Lörrach. On notera que dans ce secteur, la "faille schwarzwaldienne" est remplacée par un système tectonique particulier : la "flexure rhénane" (Rheintalflexur) se prolongeant au delà de Bâle jusqu'au Jura (Fig.6).

Hormis les champs de fractures décrits ci-dessus il est important de rappeler qu'en position externe par rapport au fossé rhénan, le socle vosgien est caractérisé par de grands décrochements pluridécakilométriques dont en particulier (Fig.3) : la faille de Ste Marie aux Mines - Retournemer - Ognon et la faille de Boenlesgrab - Lautenbach, orientées N 30-40 (RUHLAND, 1972) dont la première a été en particulier étudiée dans sa partie méridionale par GROS (1976) qui a montré ces décrochements tardi-hercyniens, constituaient par un faisceau de failles parallèles.

Au Sud du fossé rhénan, se distinguent les chaînons jurassiens, nettement détachés de l'ensemble de la chaîne et avancés vers le Nord entre les 2 plateaux tabulaires de l'Ajoie à l'Ouest et du Jura bâlois à l'Est. Ces chaînons sont constitués par une série d'anticlinaux affectant essentiellement des terrains jurassiques et déversés ou chevauchants vers le Nord.

Le chevauchement du front du Jura alsacien d'amplitude kilométrique sur la dépression tertiaire de la plaine d'Alsace, a été démontré en particulier par le sondage de Durlinsdorf (Fig.7).

Les plis d'orientation générale Est-Ouest sont fréquemment arqués et affectés par des accidents de direction "rhénane" (N 20) décrochants. A l'intérieur de la chaîne se développent des bassins tertiaires dont celui de Charmoille ~~est~~ est un représentant d'extension réduite.

La limite Sud-Ouest du fossé rhénan est marquée par l'extrémité méridionale des Vosges (bassin permien de Giromagny) et le Jura tabulaire de la région de Belfort-Montbeliard, qui se raccorde au Sud à la zone du Jura plissé décrite ci-dessus.

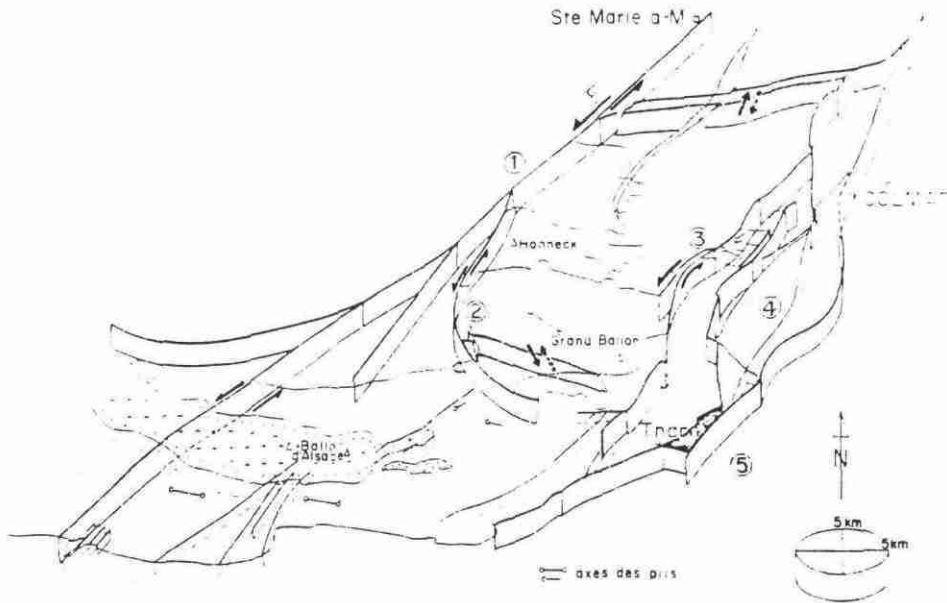


Fig. 3 Représentation schématique des grands accidents des Vosges moyennes et méridionales. (1) faille de Ste-Marie-aux-Mines—Retournemer—Ognon; (2) faille de la Thur; (3) faille Lautenbach—Boeniesgrab—Hunsrück; (4) champ de fractures de Guebwiller—Rouffach avec le fossé de Wintzfelden; (5) brèche tectonique tertiaire de Steinbach.

d'après RUHLAND (1974)

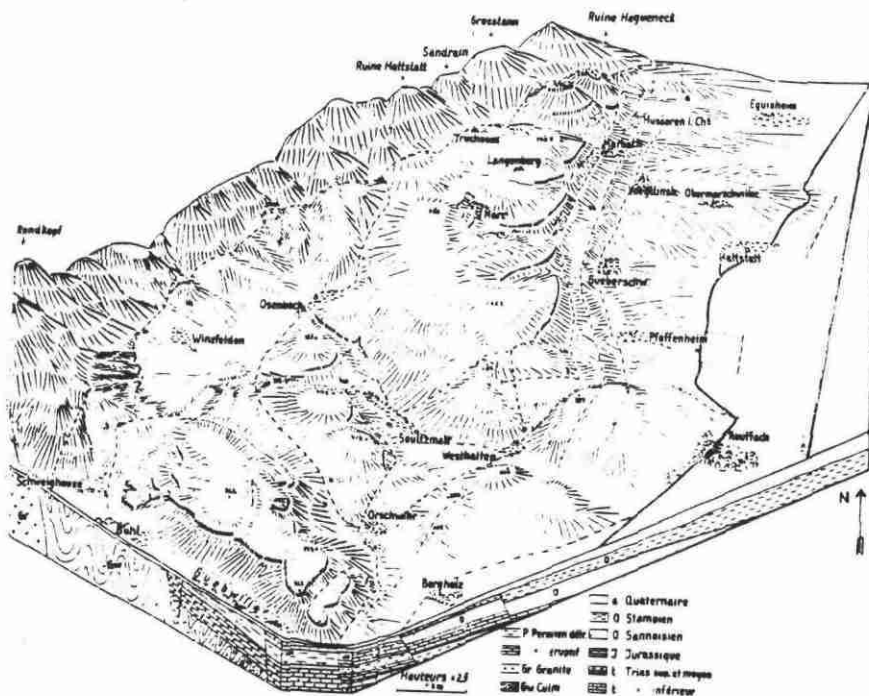


Fig. 4 - Bloc-diagramme du champ de fractures de Guebwiller (d'après Théobald, 1952).

2.2 - STRUCTURE DU FOSSE

La structure géologique du sous-sol de la partie méridionale du fossé rhénan est relativement bien connue suite aux nombreux sondages profonds de recherche de pétrole, de charbon et de potasse qui y ont été réalisés.

Appuyés par des études géophysiques, ceux-ci ont notamment permis de proposer diverses représentations cartographiques de la surface de base du Tertiaire (SITTLER, 1972 ; Fig.8) (MUNCK et al, 1979) et d'attester le contrôle structural de la sédimentation.

Il en ressort que divers secteurs, individualisés par des failles qui affectent le Tertiaire et/ou le Quaternaire, peuvent être distingués.

2.2.1 - Le bassin potassique

Il s'étend au Nord de Mulhouse (Fig.9 et 10). SITTLER (1969) distingue 2 zones :

- ♦ a) Au SW, dans le bassin de Wittelsheim, des ondulations de direction subméridienne, à rayon de courbure variable, sont coupées de failles normales le plus souvent antihétiques à regard Ouest (Fig.11).

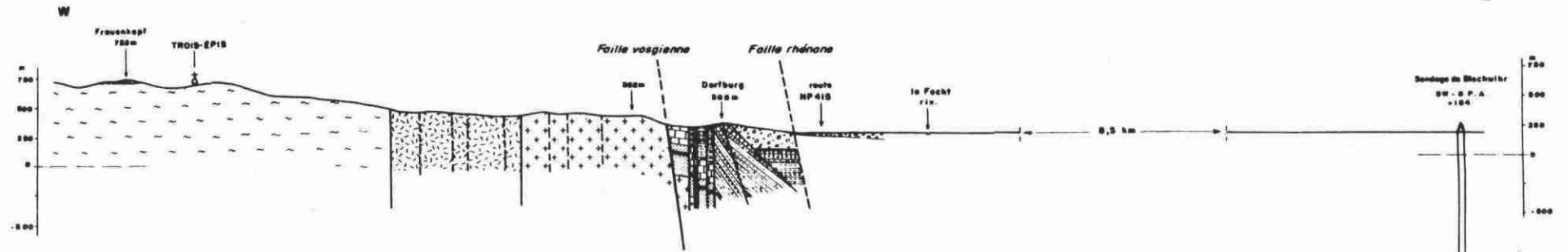
La coupe de la Fig.12 établie à l'occasion de l'exploration du champ pétrolifère de Staffelfelden montre une de ces failles qui affecte la zone salifère et qui se dédouble au niveau des formations jurassiques.

Quelques structures synclinales très aigües, faillées ou non peuvent être notées dans ce secteur mais dans l'ensemble, il s'agit de panneaux monoclinaux inclinés vers l'Est. Le pendage des failles à regard ouest est parfois relativement faible : 30 à 35° en moyenne. Elles peuvent atteindre des rejets de 500-600 m.

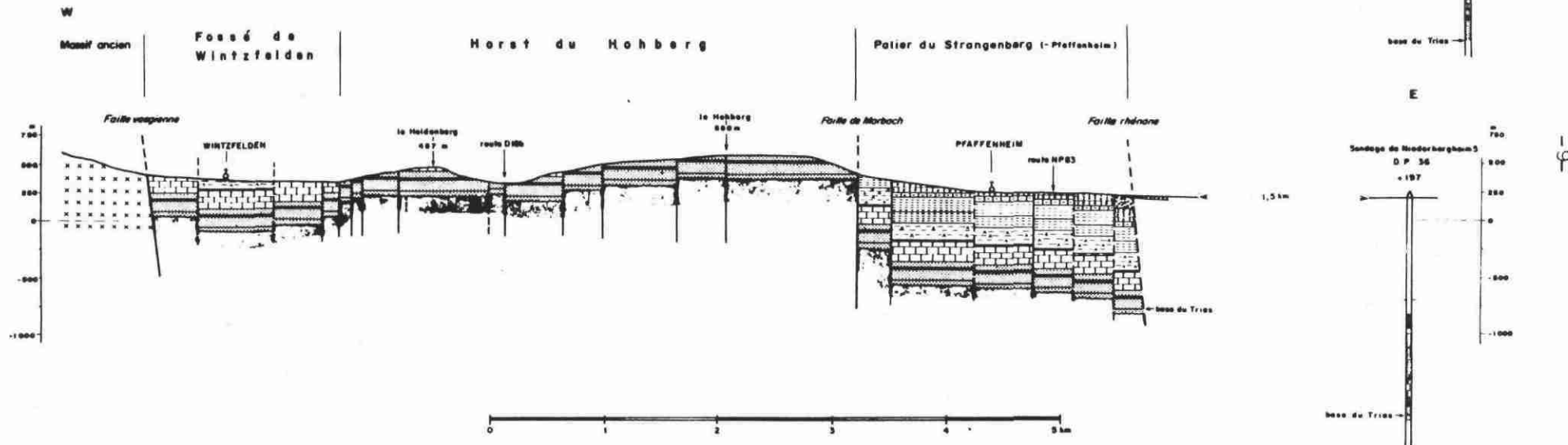
- ♦ b) A l'Est de l'Ill et dans la partie nord-est du bassin y compris le domaine allemand, on assiste au développement de la tectonique propre aux masses salines : de part et d'autre du seuil de Munchouse (prolongement septentrional probable du horst de Mulhouse) se situent des anticlinaux diapiriques accompagnés de failles méridiennes, plutôt que de vrais diapirs salins ; il s'agit des dômes de Meyenheim, de Hettenschlag et de Heiteren-Weinstten. Là où les mouvements sont les plus importants le sel se trouve à des profondeurs d'une centaine de mètres.

Selon LARROQUE et ANSART (1985) qui ont étudié en détail la tectonique de la série salifère sannoisienne du bassin potassique, deux types de grandes structures peuvent être distingués dans la partie méridionale du fossé rhénan (Fig. 10, 13, 15) :

Coupe D - ZONE INTERMÉDIAIRE DE WINTZENHEIM



Coupe E - CHAMP DE FRACTURES DE GUEBWILLER



LÉGENDE

| | | |
|--|--|--|
| g ¹ Lattorfien - conglomérat | t ⁰⁻⁷ Keuper | Granite à 2 micas de Turckheim |
| e Éocène - calcaire lacustre de Sigolsheim | l ⁰ Lettenkohle | Granite porphyroïde de Wintzenheim |
| j ¹⁻² Bathonien - Bajacien supérieur - Grande calithe | t ⁰⁻³ Muschelkalk | Granite migmatitique à biotite |
| j ³⁻⁴ Bajacien moyen et inférieur | t ⁰ Buntsandstein { supérieur | Gneiss perlés à grenat |
| l Lies | t ¹⁻² Buntsandstein { moyen | Gneiss granitiques des Trois-Épis |
| | r Permien | |
| | h ⁰ Culm | |
| | | Conglomérat principal Grès des Vosges |

FIG. 5. — Coupes géologiques des collines sous-vosgiennes, d'après HILERMANN (1972)

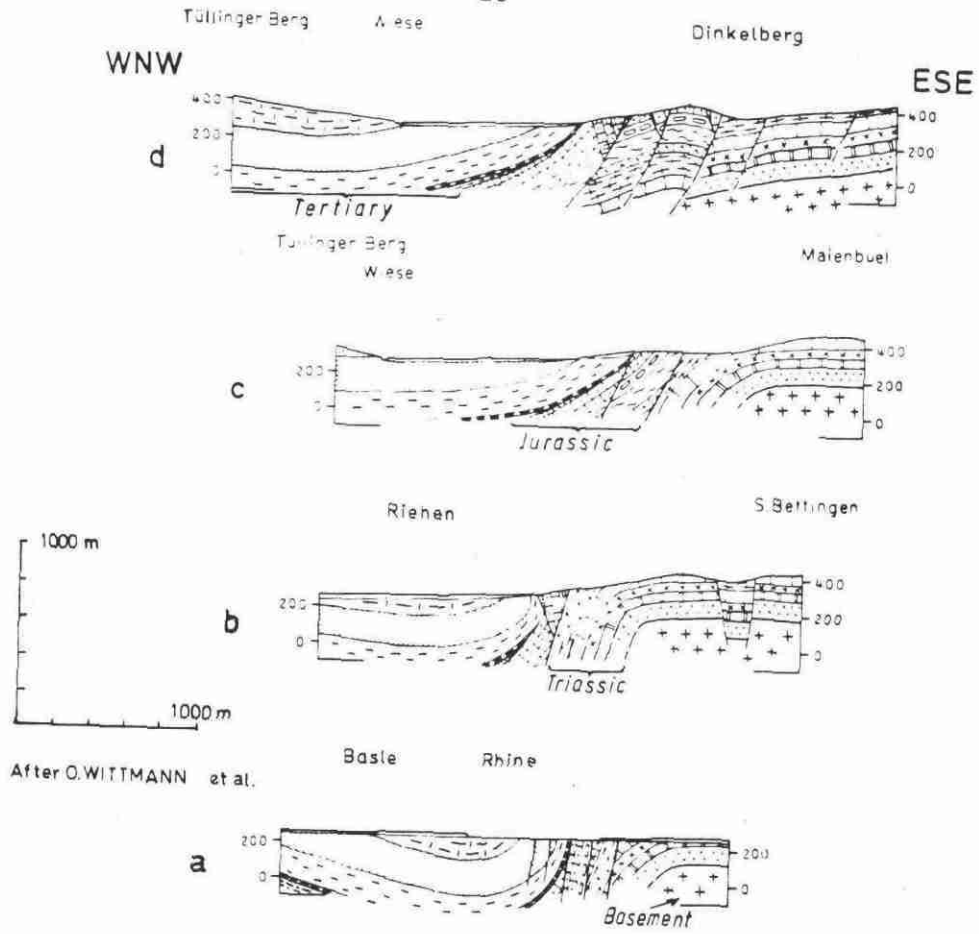


Figure 6
COUPES GEOLOGIQUES A TRAVERS LA FLEXURE DU RHIN,
d'après BITTERLI-BRUNNER et al (1975)

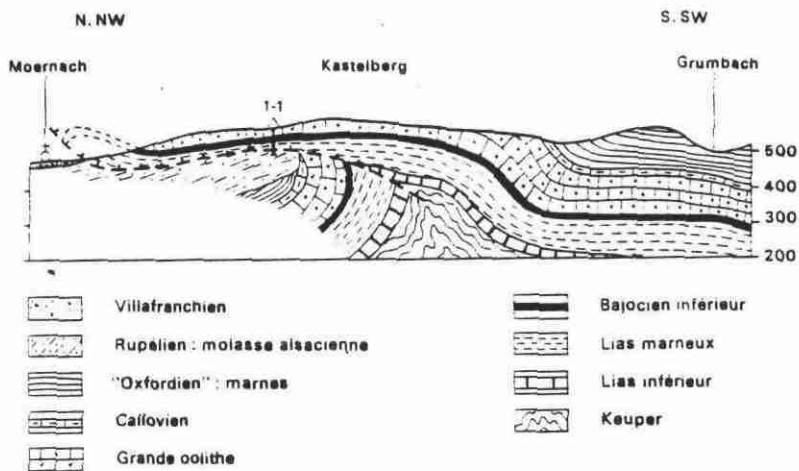


Figure 7
CHEVAUCHEMENT FRONTAL DU JURA ALSACIEN SUR LA DEPRESSION
TERTIAIRE DE LA PLAINE D'ALSACE,
d'après la notice de la carte géologique de Ferrette 1/50.000 (1973)

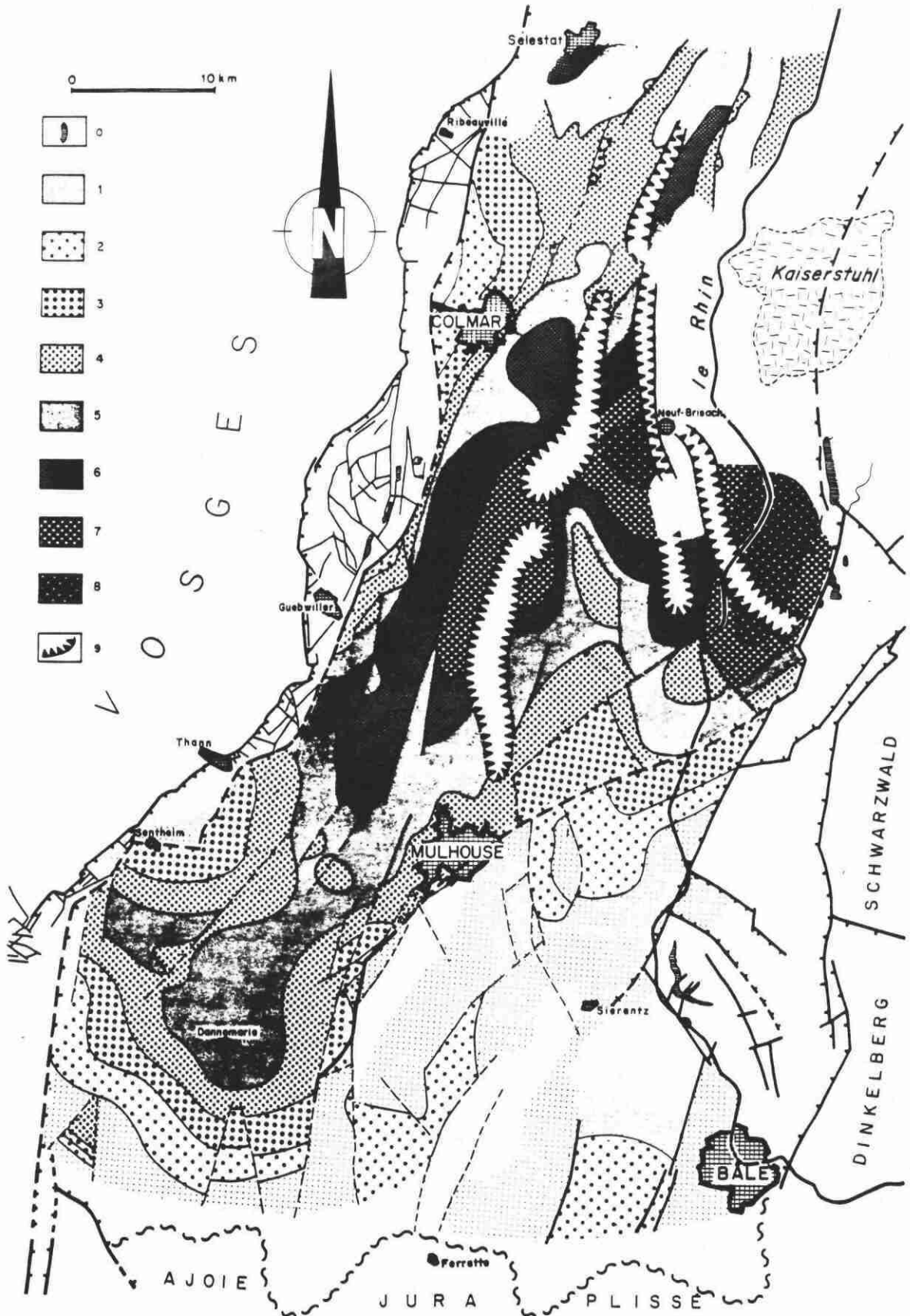


Fig. 8 — Profondeur de la surface prétertiaire ou épaisseur du remplissage tertiaire et quaternaire par rapport au niveau de la mer. Interprétation des données de sondages et d'études géophysiques (documents SIMLER et MASCLAUX, 1967; THÉOBALD, 1967 a; DOEBL, 1970 a et indications de J. BLUMENROEDER).

- | | | |
|--|---------------------|---------------------|
| 0 = Affleurements de terrains jurassiques à proximité de la bordure du fossé | | |
| 1 = 0 à -300 m | 4 = -900 à -1200 m | 7 = -1800 à -2100 m |
| 2 = -300 à -600 m | 5 = -1200 à -1500 m | 8 < -2100 m |
| 3 = -600 à -900 m | 6 = -1500 à -1800 m | 9 = diapirs salins |

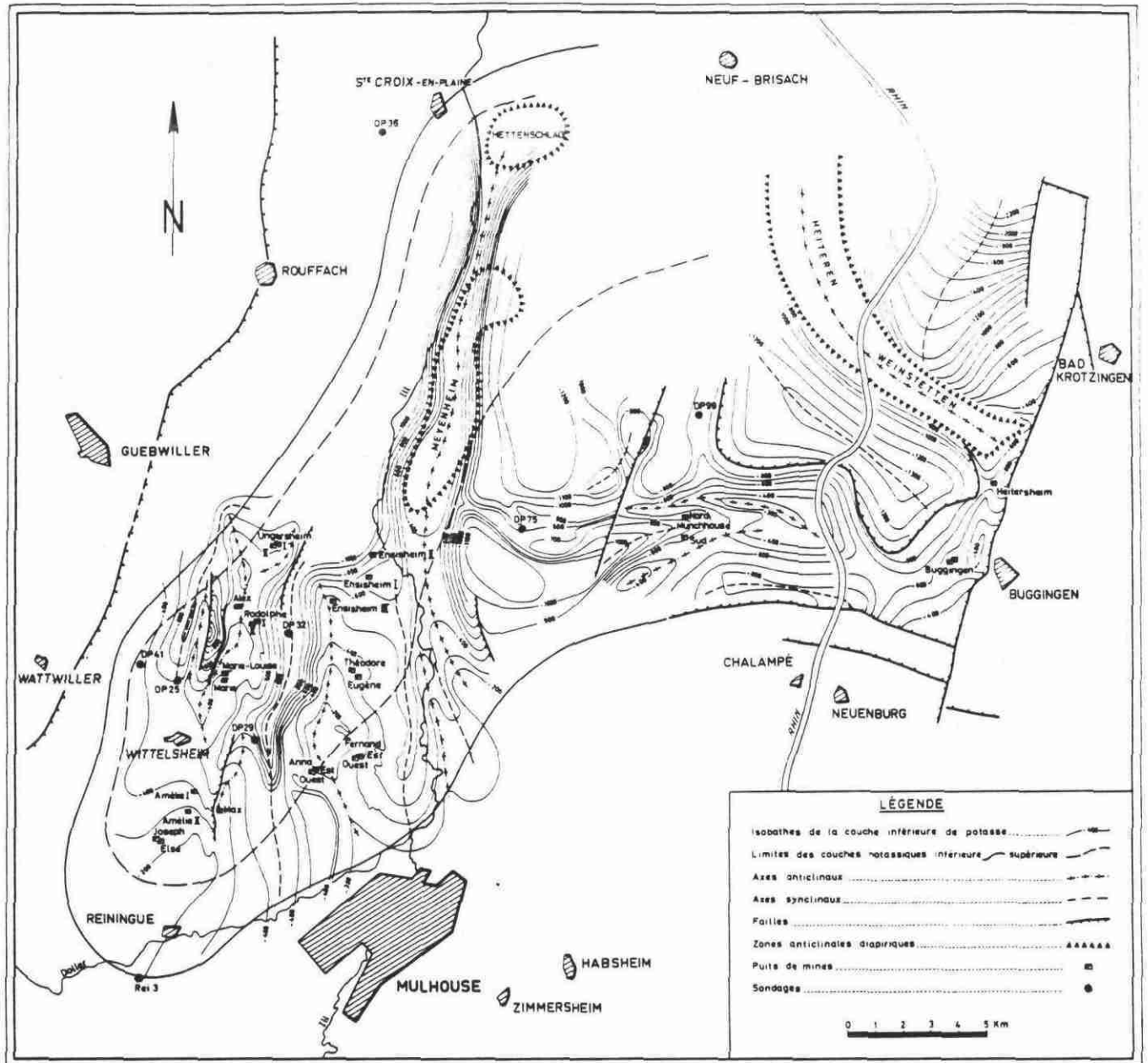


FIGURE 9
Carte structurale du bassin potassique de Mulhouse
 (d'après V. Maïkovsky, 1952; W. Wagner, 1955 et G. Gunzert, 1962; modifié).

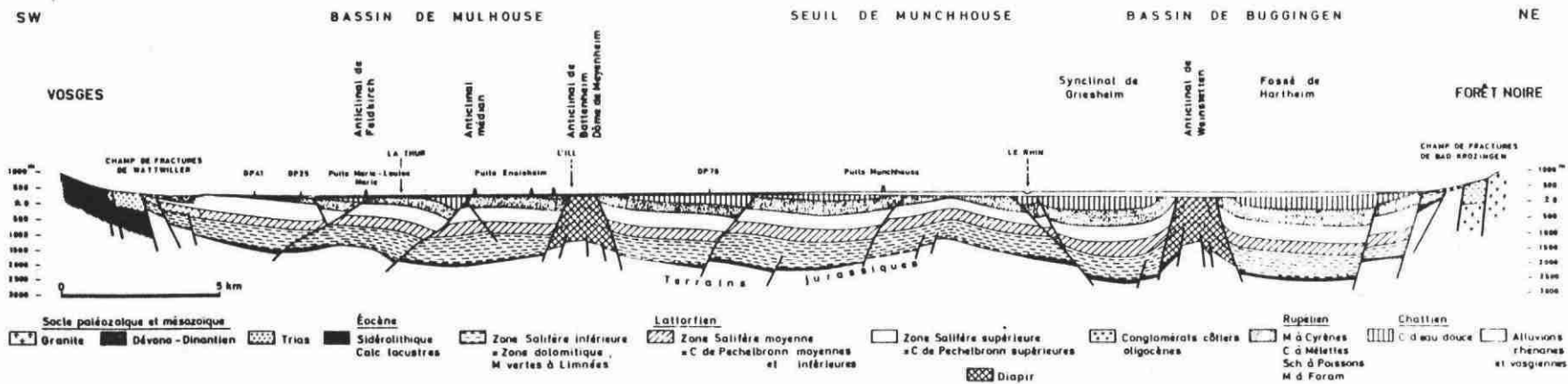


FIGURE 10
 Coupe géologique du fossé rhénan au niveau des bassins potassiques.
 d'après SITTLER (1969)

♦ a) Les structures diapiriques

La plus évidente se situe à l'est du secteur minier, il s'agit du diapir de Mevenheim (Fig.13 et 14). Si sa nature diapirique ne fait aucun doute en raison de sa géométrie générale, des traces de fluage dans les sondages et de l'augmentation considérable de l'épaisseur (de 400 à 1500 m) du "Grand Banc de Sel" (Salifère Inférieure), son origine est encore imprécise. Il est peut-être superposé à une faille dans le substratum mésozoïque. On sait qu'il s'est développé après le Chattien et que son mouvement est toujours actuel.

Le phénomène diapirique est nettement moins accentué pour les dômes de Rustenhardt et de Weinsteitten car le sel mobilisé est probablement d'épaisseur moindre dans la partie est du bassin.

♦ b) Les failles

Les failles sont de type "normal". Dans le bassin de Blodelsheim entre Ensisheim et Chalampé, elles sont grossièrement E-W (N 090°). Dans le secteur minier, elles sont orientées N 020°, sauf dans sa partie sud-est où les failles sont N 140°, de quelques centaines de mètres d'extension seulement.

Les failles N 020° parallèles à l'axe du fossé ont jusqu'à 500 mètres de rejet vertical : leur pendage varie de 30-40° dans les alternances salifères, à 60-70° dans les bancs marneux. Elles sont à pendage ouest et découpent le secteur minier en quatre demi-grabens (Fig.13).

L'observation in situ de ces flexures-failles majeures montre un étirement des niveaux salifères et la rupture des intercalaires marneux de quelques centimètres à 4 mètres d'épaisseur. On observe très rarement la rupture des niveaux salifères.

Par ailleurs, LARROQUE et ANSART (1985) ont établi une carte des directions des fibres de remplissage des fentes d'extension* localisées dans les bancs marneux intercalées dans les couches potassiques (Fig.15) celle-ci indique que la direction d'extension maximale oligocène est Est-Ouest. Pour ces auteurs, elle peut être assimilée en première approximation à la contrainte principale minimale (σ_3).

* Divers travaux ont porté sur la signification de ces fibres. Ils sont discutés par LARROQUE et ANSART pour qui les fibres déterminent la cinématique d'ouverture des fentes d'extension et donnent la direction d'allongement en un lieu donné.

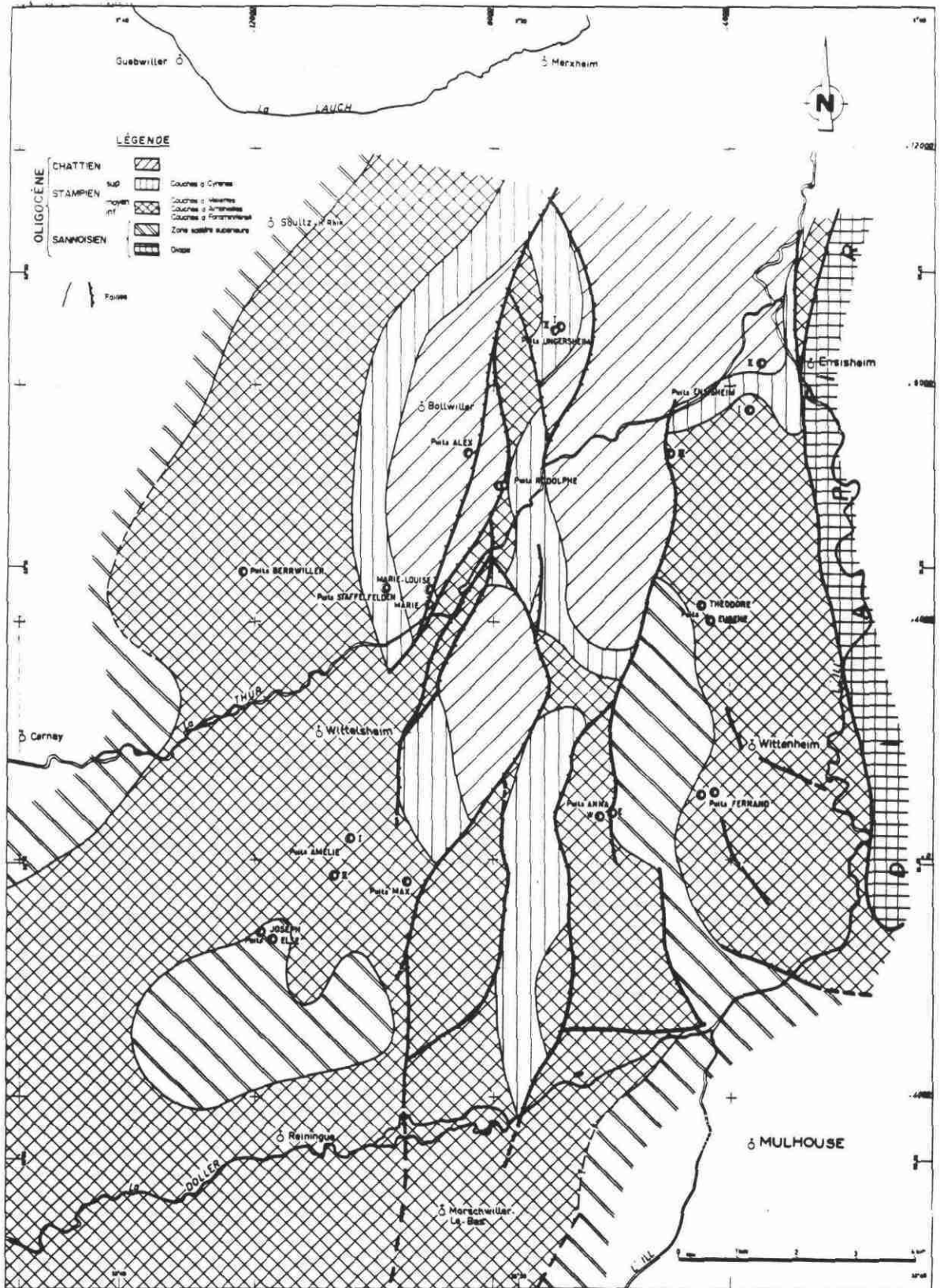


FIG.11— Carte géologique du bassin potassique de Mulhouse (partie concédée), le Quaternaire supposé enlevé.

d'après COURTOT et al (1972)

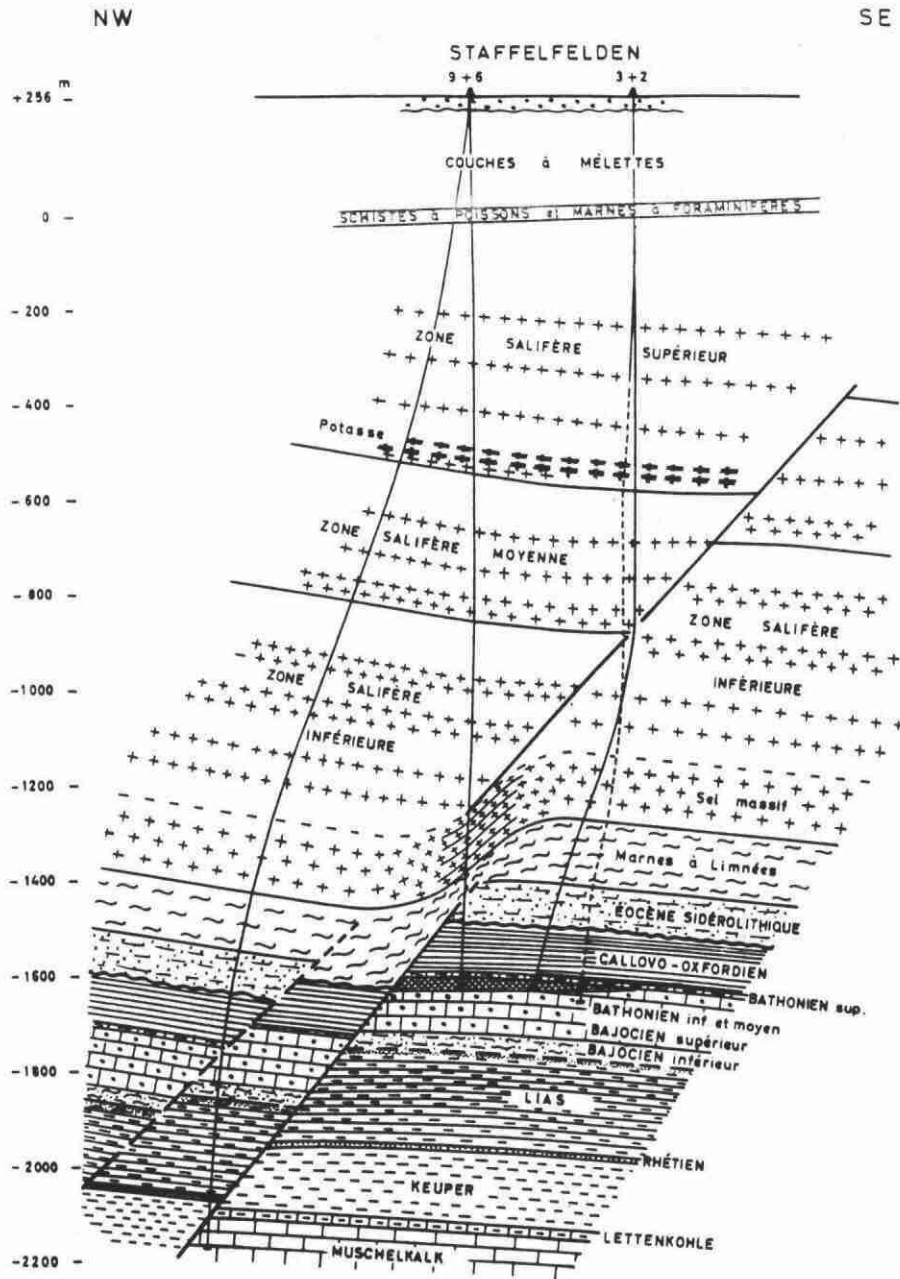


Fig. 12— Coupe structurale du champ pétrolifère de Staffelfelden (d'après BLUMENROEDER, 1954 et 1962, modifiée). in SITTLER (1972 b)

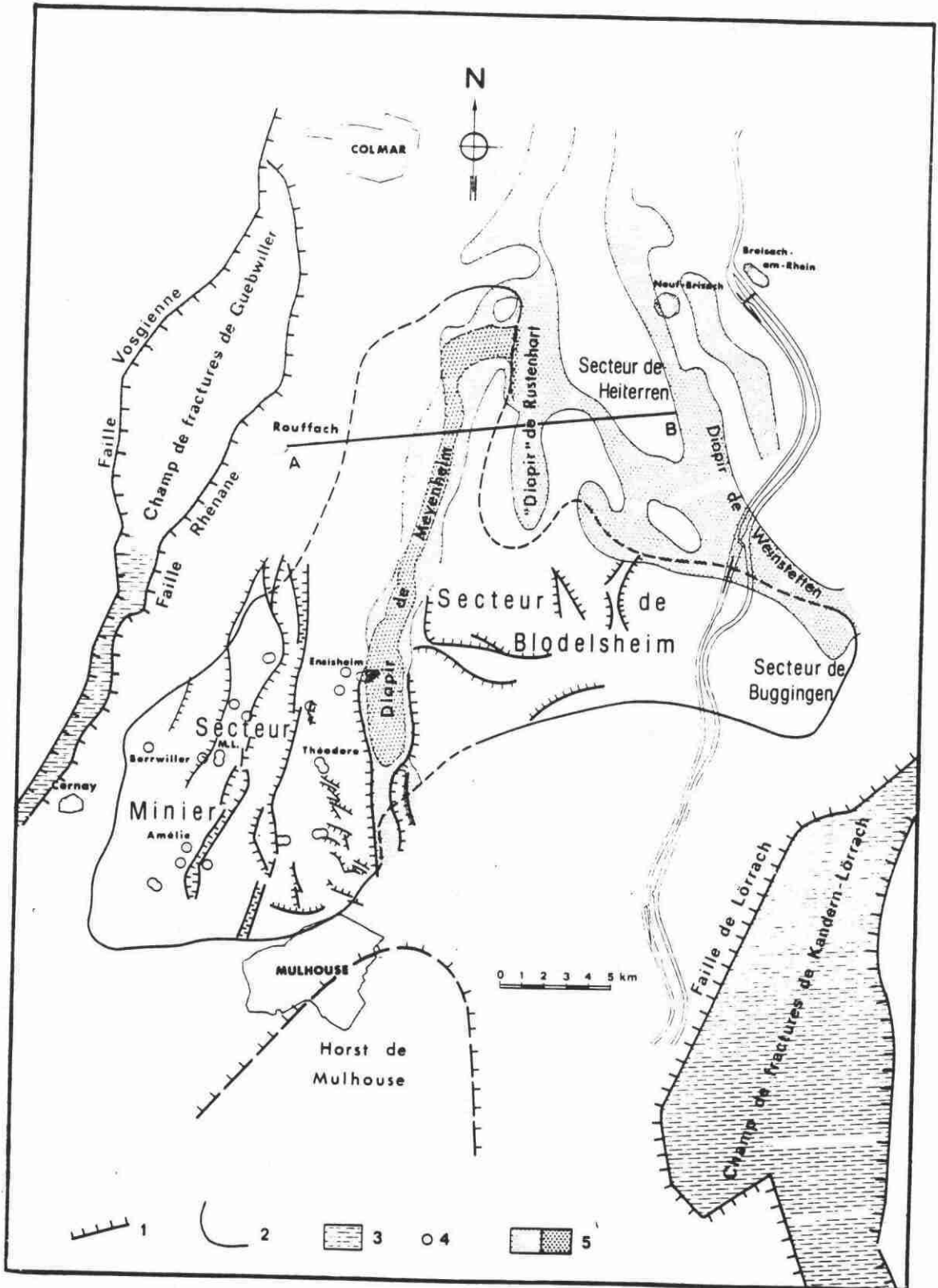


FIG. 13— Schéma structural de la partie méridionale du fossé rhénan : le bassin potassique de Mulhouse.
1 : failles normales ; 2 : limites d'extension de la couche potassique inférieure ; 3 : champ de fractures des bordures du fossé ; 4 : puits de mines ; 5 : diapirs.

d'après LARROQUE et ANSART (1985)

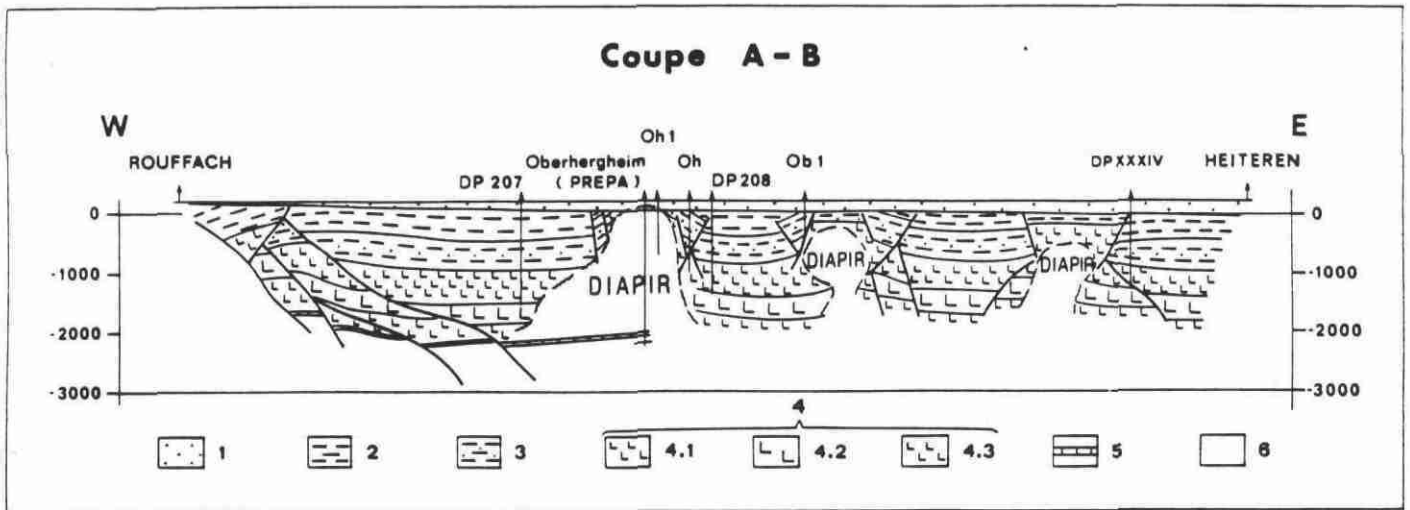


FIG. 14 - Coupe schématique Est-Ouest de la partie méridionale du fossé rhénan
[modifiée d'après Courtot *et al.*, 1972].

1 : Quaternaire ; 2 : Chattien ; 3 : Stampien ; 4 : Sannoisien : 4.1 : Zone Salifère supérieure - 4.2 : Zone Salifère moyenne - 4.3 : Zone Salifère inférieure ; 5 : Éocène ; 6 : diapirs.

Les masses diapiriques sont constituées pour leur plus grande part du « grand banc de sel gemme » du Salifère inférieure ; leurs flancs sont formés de séries salifères supérieures.

in LARROQUE et ANSART (1985)

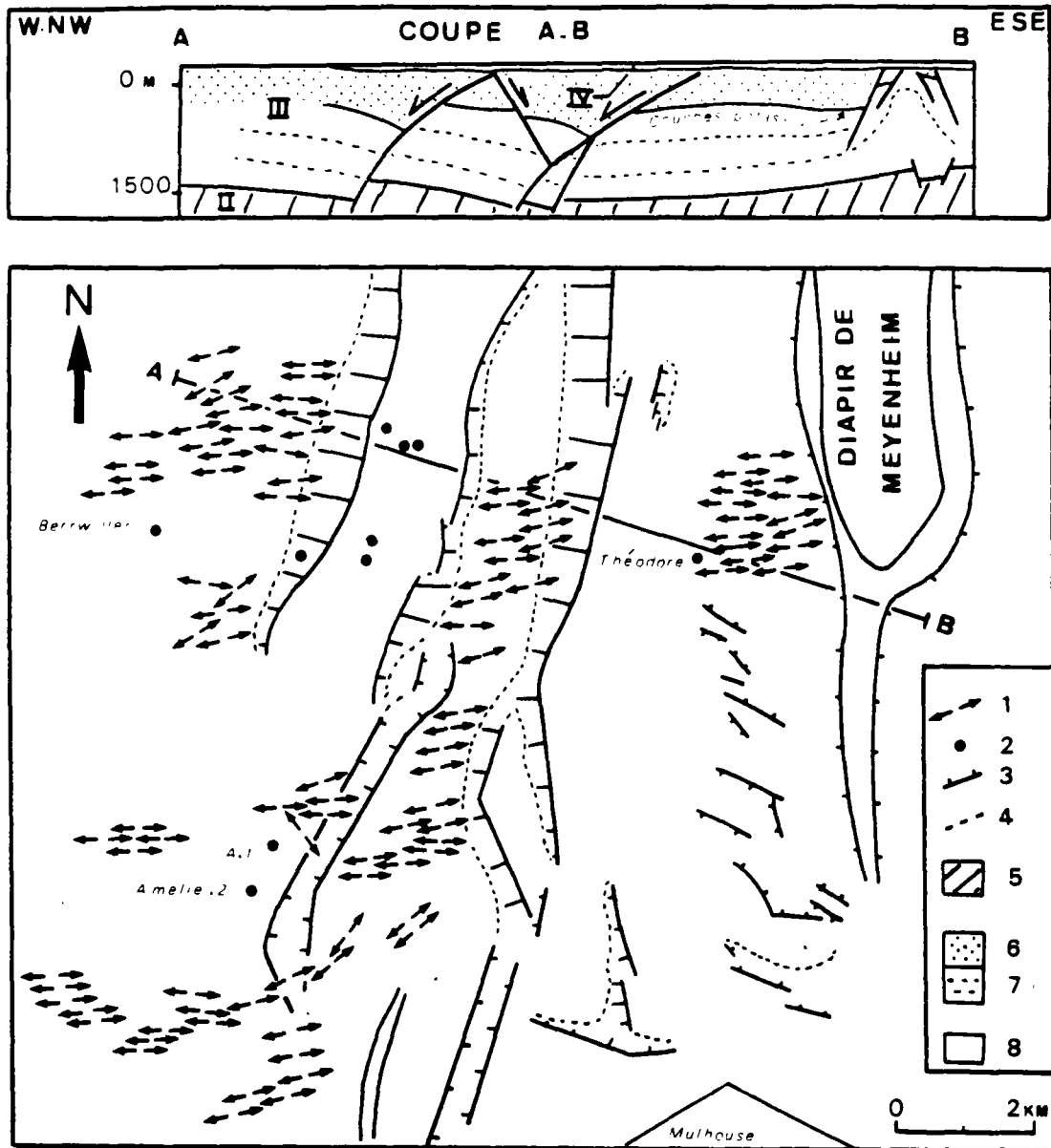


FIG. 15 - Carte des directions de fibres dans le secteur minier et coupe synthétique [Larroque et Ansart, 1984].

1 : direction d'allongement donnée par les fibres ; 2 : principaux puits de mines ; 3 : flexures-failles normales ; la taille des barbelures indique l'emprise de la flexure au niveau des couches potassiques ; 4 : terminaison des flexures-failles normales ; 5 : substratum mésozoïque ; 6 et 7 : remplissage cénozoïque ; 8 : remplissage quaternaire.

in LARROQUE et ANSART (1985)

2.2.2 - Le Sundgau

Au Sud de Mulhouse s'étend la région du Sundgau, ou "terroir du Sud", constituée d'un ensemble de collines d'altitude comprise entre 300 et 400 m. Au sens géologique, le Sundgau est beaucoup plus vaste puisqu'il comprend l'ensemble de la région sud du Fossé Rhénan (SITTLER, 1972a).

■ La coupe de la figure 16 permet de mettre en évidence différents compartiments séparés par des failles à savoir d'Ouest en Est : le fossé de Dannemarie, le horst de Mulhouse, le fossé de Sierentz. Plus à l'Est, s'individualise le seuil d'Istein. Les principales failles qui délimitent ces compartiments peuvent être regroupées en 4 familles :

les failles N 45 : représentées par les accidents des champs de fractures de Vieux-Thann et de Lauw-Sentheim, et du faisceau de Belfort,

les failles de "direction rhénane" (N 20) d'Hirtzbach-Altkirch, de Lörrach, d'Alchwill, auxquelles on peut adjoindre les failles de direction subméridienne de l'Ouest du fossé (Vallée de la Savourneuse, de Charmois) et de l'Est de celui-ci (accidents de la flexure rhénane de Bâle),

les failles N 150 de Sierentz et du secteur d'Istein.

Enfin, la limite méridionale du Sundgau est représentée par le chevauchement nord-jurassien dont on note qu'il apparaît découpé par plusieurs décrochements de "direction rhénane" qui le décalent.

■ La figure 17 présente une coupe transversale du fossé rhénan méridional où apparaissent bien les accidents du champ de fractures de Kandern-Lörrach (en bordure ouest de la Forêt Noire) et les failles du secteur du bassin potassique.

Selon la notice de la carte géologique au 1/50.000 de Mulhouse (1976) l'étude des sondages de la région d'Hirtzbach-Altkirch conduit à envisager 2 jeux successifs et opposés pour le système de failles d'Altkirch (Fig. 18 et 19). Au Mésozoïque, le compartiment correspondant à l'actuel fossé de Dannemarie était en position haute, contrairement au dispositif Tertiaire (et actuel), le plaçant en position basse par rapport au horst de Mulhouse. Ceci est bien marqué sur la carte de la profondeur de la base du Tertiaire (Fig.8). Ce niveau repère apparaît au total décalé de 500 à 800 m. On notera, par ailleurs, que le fossé de Dannemarie ne présente pas de dépôts salifères, contrairement au bassin potassique de Mulhouse dont il représente le prolongement Sud-Ouest.

A l'intérieur du horst de Mulhouse, les failles sont généralement orientées NE-SW et NNW-SSE, cette dernière direction prédominant sur la bordure orientale, alors que la direction N-S caractérise les régions septentrionales (SITTLER, 1972a).

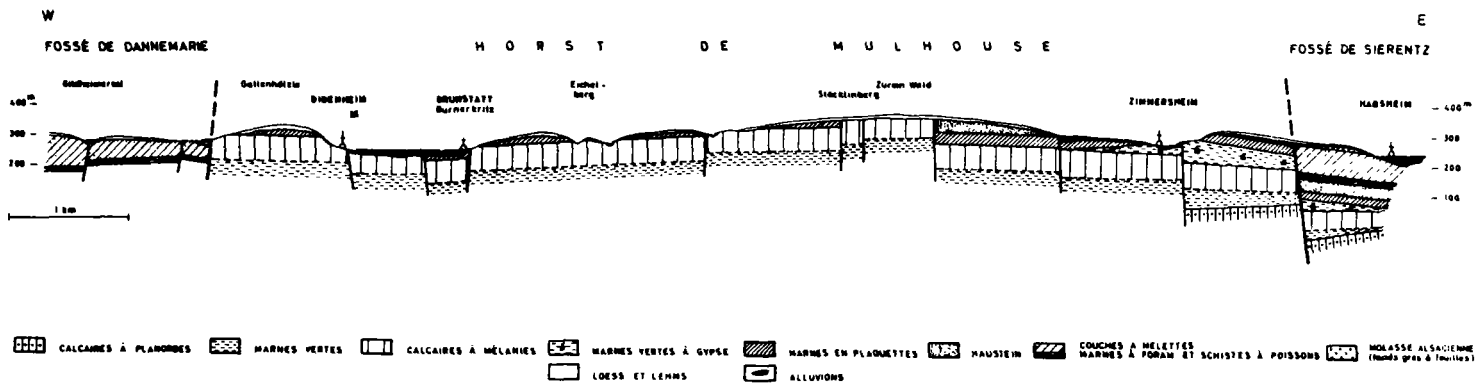


Fig.16 - Coupe géologique du horst de Mulhouse entre les fossés de Dannemarie et de Sierentz.
 Les compartiments les plus relevés du Stocklinberg correspondent au prolongement nord du dos d'Illfurth; la zone plus affaissée à l'E se rattache au synclinal de Landser situé plus au S.

d'après SITTLER (1972a)

φ Selon la notice de la carte géologique au 1/50.000 de Mulhouse (1976), les bordures occidentale et orientale du fossé de Sierentz sont formées par des failles rhénanes*. Il est, en outre noté que le fossé de Sierentz n'est pas le symétrique de celui de Dannemarie ^{en} ~~en~~ égard, au fait qu'il n'a pas fonctionné comme bassin de sédimentation différentielle durant l'Oligocène et qu'il ne s'est individualisé que par la tectonique post-oligocène.

Le fossé de Sierentz apparaît prolongé au Sud par le fossé d'Allschwil qui est limité par des failles d'orientation rhénane.

Le seuil d'Istein est caractérisé par l'existence de structures de direction NW-SE, qui limitent en particulier le fossé de Bamlach.

Enfin, séparant le horst de Mulhouse des chaînons jurassiens, s'individualise la "dépression jurassienne" dont la structure est mal connue mais dont il est probable qu'elle corresponde, comme suggéré par SITTLER (1969), à un affaissement lié au chevauchement septentrional du Jura.

* Le schéma structural de la planche 1 montre des directions NW-SE.

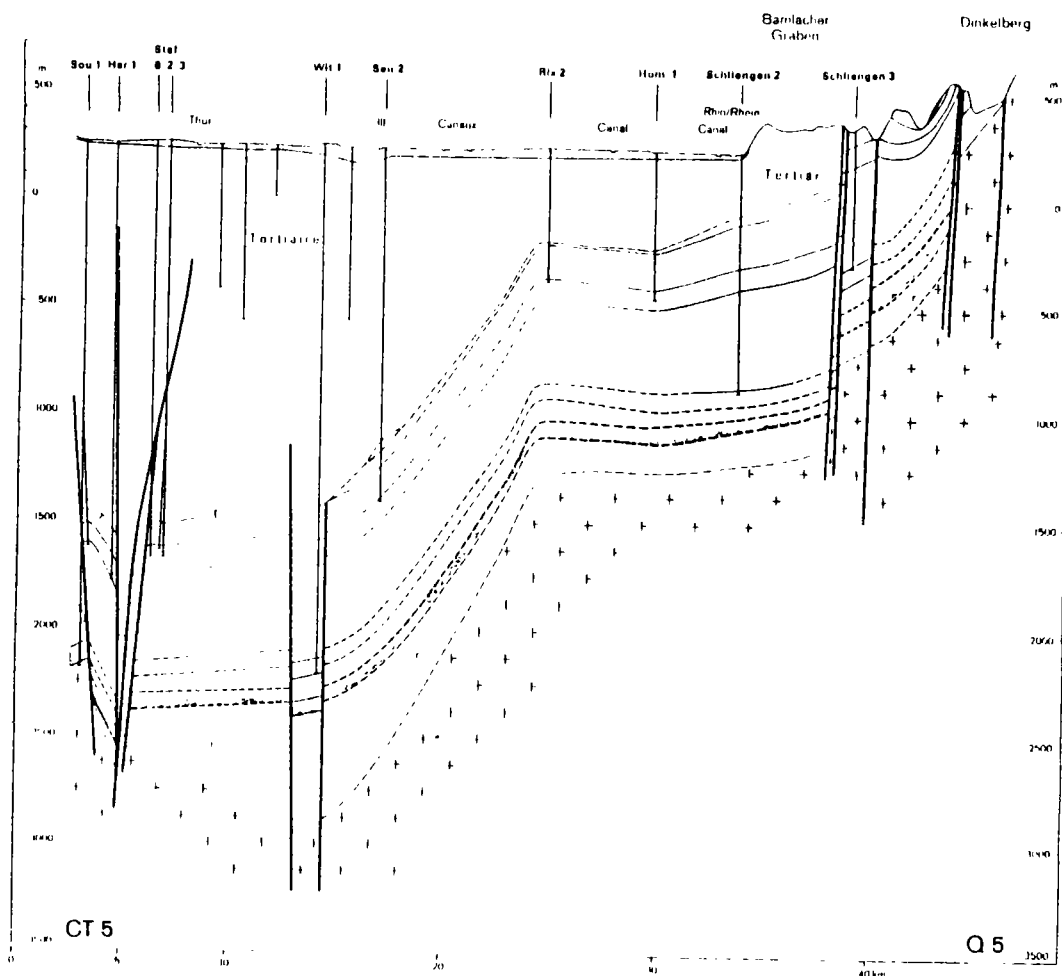


Fig. 17
COUPE EN TRAVERS DU FOSSE RHENAN :
Dinkelberg - Staffelfelden,
d'après MUNCL et al (1979)

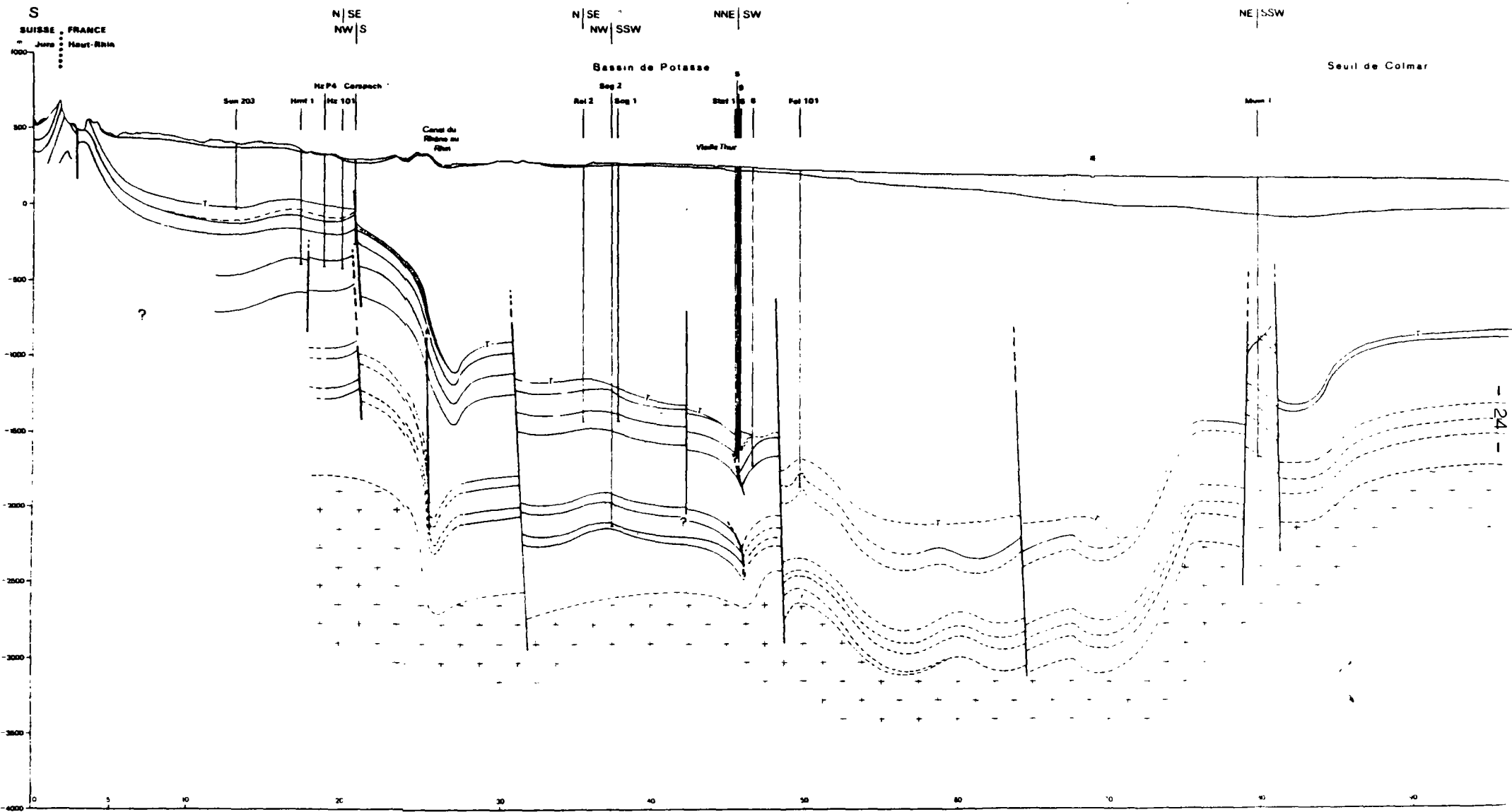


Fig.18 - COUPE EN LONG DU FOSSE RHENAN, d'après MUNCL et al (1979)

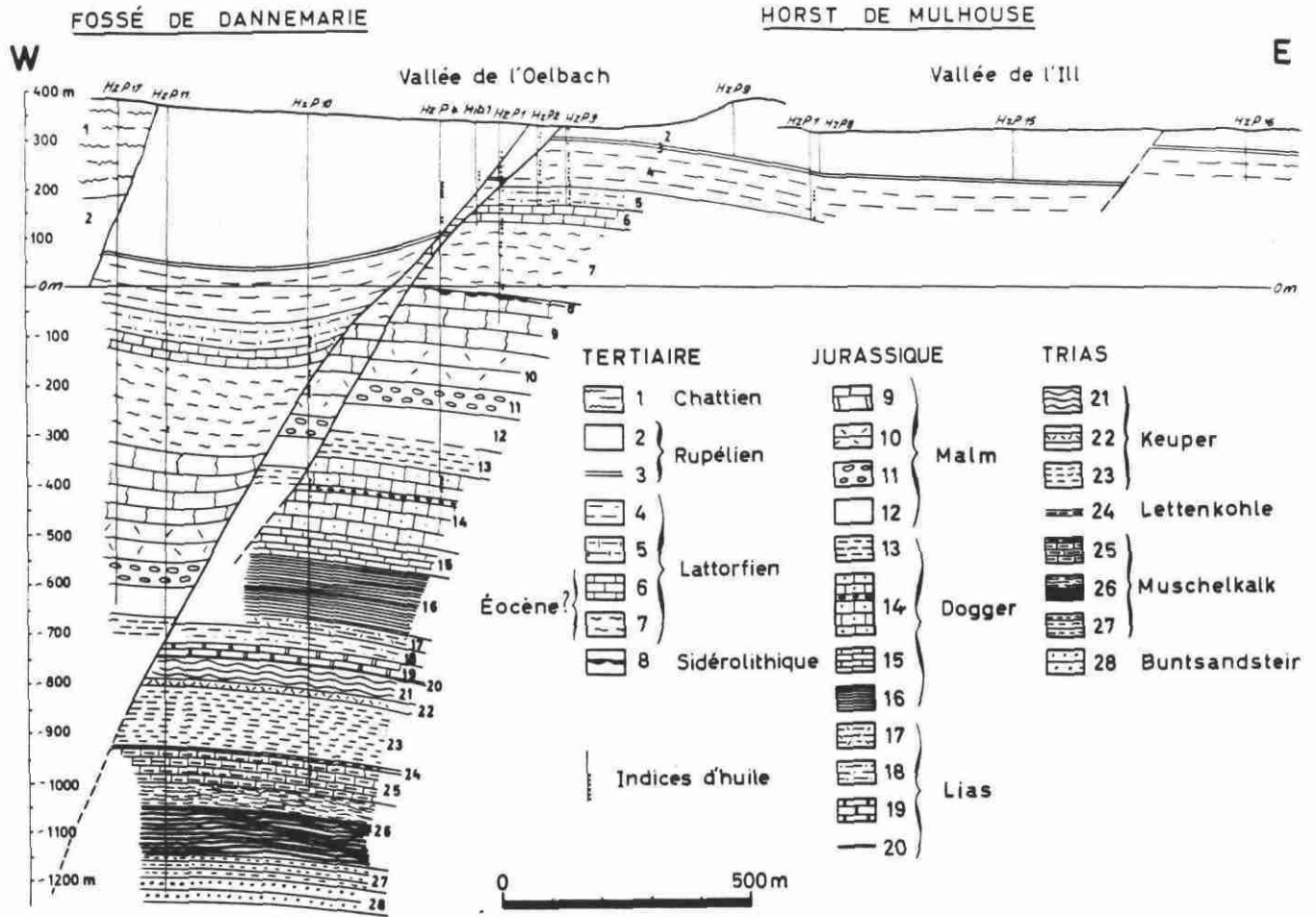


FIG. 19 Coupe structurale de la région pétrolière de Hirtzbach dans le Sundgau (d'après ORGEVAL, Pechelbronn SAEM, 1939, in VONDERSCHMITT, 1942). A côté des indices de surface dans le Rupélien, d'autres indices d'huile sont mis en évidence dans le Lattorfien, l'Oxfordien (« Séquanien et Rauracien »), le Bajocien supérieur et Bathonien inférieur (Grande oolithe), le Rhétien et le Muschelkalk supérieur, en bordure ouest du horst de Mulhouse.

- | | | |
|---|--------------------------------------|------------------------------------|
| 1 Marnes d'eau douce | 9 Séquanien | 19 Sinémurien, Hettangien |
| 2 Marnes à Cyrènes | 10 Rauracien | 20 Rhétien |
| 3 Couches à Mélettes | 11 Terrain à chailles | 21 Marnes irisées supérieures |
| 4 Schistes à Poissons | 12 Oxfordien marneux | 22 Dolomie moyenne |
| 5 Marnes à Foraminifères | 13 Callovien et Bathonien supérieur | 23 Marnes irisées moyen. et infér. |
| 6 Haustein | 14 Grande oolithe avec banc à momies | 24 Lettenkohle |
| 7 Marnes et calcaires en plaquettes | 15 Bajocien inférieur | 25 Muschelkalk supérieur |
| 8 Calcaires à Mélanies | 16 Aalénien | 26 Muschelkalk moyen avec sel |
| 9 Marnes vertes | 17 Toarcien | 27 Muschelkalk inférieur |
| 10 Argiles rouges, pisolithes, conglomérats | 18 Pliensbachien | 28 Buntsandstein |

in SITTler (1972 b)



DEFORMATIONS RECENTES

3.1 - PRESENTATION

Les indices et les preuves de déformations récentes présentés ici relèvent essentiellement de l'approche géomorphologique. Les informations fournies par ce type d'approche concernent des observations faites soit à l'échelle générale du fossé, soit à l'échelle locale d'une formation géologique ou d'un versant.

Les formations plioquaternaires du fossé rhénan sont relativement bien connues tant du point de vue stratigraphique que cartographique, ce qui permet d'une part de cantonner l'étude néotectonique à la période plioquaternaire (FOURNIGUET, 1978) et d'autre part de bien cerner les évènements de façon chronologique.

Seules les études microtectoniques de ces formations font apparemment défaut.

3.2 - OBSERVATIONS GEOMORPHOLOGIQUES GENERALES

■ A l'échelle du fossé, les preuves de mouvements récents concernent différents faits interdépendants :

◆ a) Disposition des dépôts plioquaternaires

L'analyse géomorphologique des massifs des Vosges et de la Schwarzwald conduit à envisager un soulèvement de ceux-ci par rapport au Fossé Rhénan. L'étude des aplanissements néogènes amène à conclure à un soulèvement total de l'ordre de 800 m au cours du Néogène (THEOBALD et al, 1977).

Les sables vosgiens à Hipparion du bassin de Charmoille (LINIGER, 1966), montrent qu'au Pontien la partie méridionale des Vosges et de la Forêt Noire étaient encore drainées par dessus le Jura vers le bassin molassique suisse. A une période plus récente, au Pliocène moyen (LINIGER, 1966), ce système de drainage subsistant, se sont déposées la nappe des galets vosgiens dans l'Ajoie, la nappe des blocs pérégrins (Wanderblockformation) en bordure du Schwarzwald.

On notera toutefois que VOGT (1977, in FOURNIGUET, 1978)) nie l'existence d'une surface d'érosion parfaite, nivelant le socle et le fossé au Pontien, favorisant l'hypothèse d'étagements climatiques.

LINIGER a montré aussi que la mise en place du Jura de Ferrette est postérieure à cette nappe à galets vosgiens.

Si la réalité des mouvements verticaux au niveau des bordures du Fossé Rhénan n'est plus à prouver, la part du décalage revenant au Quaternaire suscite des discussions. FOURNIGUET (1978) rapporte plusieurs valeurs différant sensiblement : 500 à 800 m (VOGT, 1967), 100 à 300 m (VOGT, 1977) pour les Vosges moyennes et septentrionales, 400 à 500 m à la hauteur de Colmar (THEOBALD et al, 1977).

♦ b) Détournement du Rhin

Aux alentours du Günz probablement, l'affaissement du fossé rhénan vers le N, associé au relèvement de la région sundgovienne a détourné le Rhin vers le N en cônes de déjections gigantesques et successifs de type fluvio-glaciaire.

Au Villafranchien, c'est-à-dire au début du Quaternaire, le Rhin ne s'écoulait pas encore vers le N à partir de l'emplacement de Bâle, mais décrivait une vaste courbe sur l'emplacement du Sundgau et rejoignait la Saône par l'actuelle vallée du Doubs. Les cailloutis du Sundgau ont été déposés par cette rivière d'origine alpine (l'Aar-Rhin).

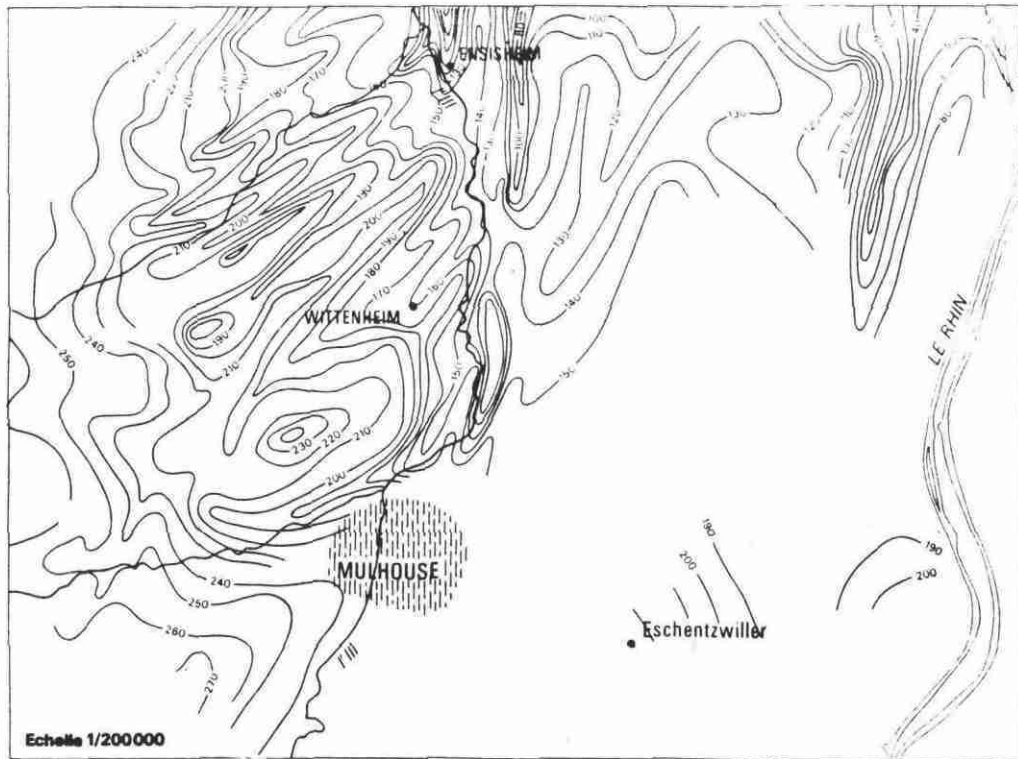
♦ c) Organisation des terrasses alluviales

L'évolution des grandes lignes de déformations peut être suivie au moyen des "lignes de croisement des terrasses" à savoir les lignes le long desquelles, vers l'aval, l'étagement d'une formation alluviale quaternaire fait place à la superposition (THEOBALD et al, 1977). Ainsi, par exemple, les alluvions correspondant à la période froide du Riss situées en amont, du côté des Vosges, sont souvent entaillées par celles du Würm, tandis que vers l'aval dans la plaine, elles sont recouvertes par les alluvions du Würm (VON ELLER, 1976).

Longitudinalement, on constate que la basse terrasse du Rhin présente une augmentation d'épaisseur (20 m à Bâle, 40 m à Mulhouse, 200 m à Strasbourg), fait que selon VON ELLER (1976) il faut attribuer à une déformation de type relèvement amont.

♦ d) Épaisseur des alluvions Plio-quaternaires

Comme le montre la figure 1 due à ILLIES et GREINER (1979) la subsidence du Fossé Rhénan apparaît contrôlée par le jeu sénestre des structures bordières. Cette subsidence qui débute au Tertiaire se poursuit au Plio-quaternaire : elle affecte 2 segments : Heidelberg-Frankfort au Nord et Bâle-Strasbourg au Sud. Les épaisseurs de la série Pliocène supérieur-Quaternaire dépassent 1000 m dans la région de Heidelberg (BARTZ, 1974).



Carte dressée en mars 1974 en tenant compte de tous les sondages exécutés jusqu'à cette date.

Figure 20
COURBES ISOHYPSES DE LA BASE DES ALLUVIONS,
d'après la carte géologique 1/50.000 de Mulhouse (1976)

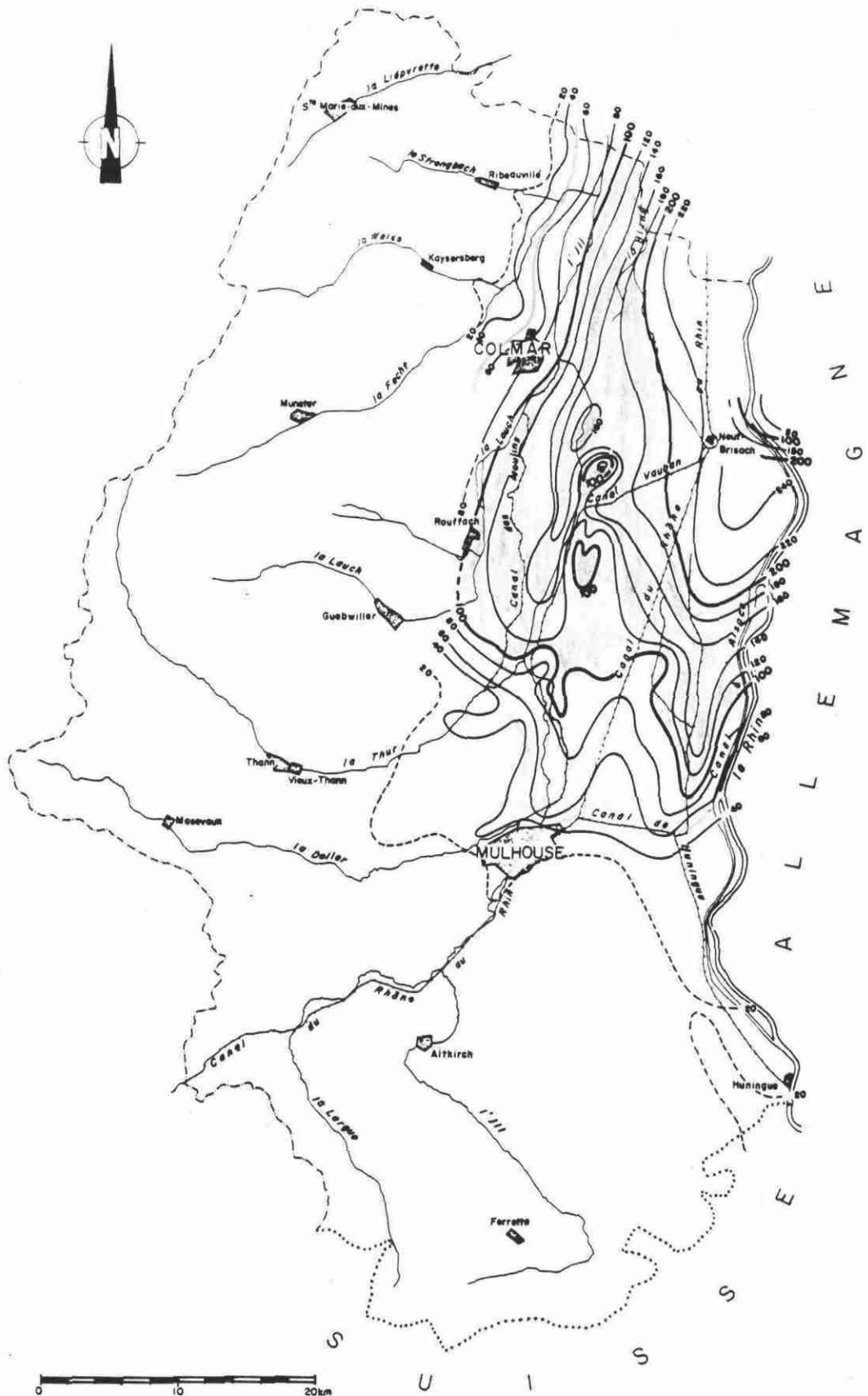


Fig. 21— Carte des épaisseurs des alluvions quaternaires (d'après SIMLER et THÉOBALD, 1970).

Dans la région de Mulhouse les courbes isohypses de la base des alluvions (Fig.20 et 21) montrent une topographie souterraine très irrégulière dont le contrôle tectonique et/ou diapirique est probable*. On note en plusieurs points des épaisseurs dépassant 200 m. Des sondages (THEOBALD, 1948) ont indiqué des épaisseurs supérieures à 240 m. La subsidence aurait fonctionné jusqu'au Riss inclus, une nappe fini würmienne cachetant le tout (FOURNIGUET, 1978). Au Sud de Colmar, la nappe würmienne plonge progressivement vers le Nord. Une 2ème zone d'affaissement comportant 150 m d'alluvions quaternaires y compris l'Holocène s'étend entre Ungerstein et Colmar : c'est la région des Rieds (dépressions marécageuses).

■ On retiendra de ces observations :

- un jeu du fossé en extension permettant des mouvements différentiels importants (interrompant et/ou modifiant le sens des circulations des rivières) et impliquant des phénomènes de subsidence.
- des jeux de panneaux à l'intérieur du fossé pouvant contrôler ces dépôts ou les déformant comme présenté en détail dans le paragraphe suivant.

3.3 - OBSERVATIONS LOCALISEES

Les déformations récentes du Fossé Rhénan ont été inventoriées par VOGT (1980) et THEOBALD et al (1977). Ces résultats sont repris par FOURNIGUET (1978) dans le cadre de l'établissement de la carte néotectonique de la France.

La carte néotectonique de la région de Mulhouse (Planche 2) résulte de la compilation des données de THEOBALD et al (1977) et de FOURNIGUET (1978), et des cartes néotectoniques de THEOBALD et al (1977) (fig.22) et de VOGT (1980) (fig.21bis). Cette carte inventorie les déformations plioquaternaires sans distinction chronologique. En l'absence d'études plus détaillées (Cf. 4C), la présence d'un indice sur un accident conduit à considérer comme actif cet accident sur toute sa longueur, et ce suivant la géométrie établie dans la carte structurale (Planche 1).

* Entre Hettenschlag et Meyenheim, des soulèvements déformant des niveaux würmiens et rapportés à des diapirs sont cités par VOGT et SITTLER (1972).

** pour mémoire, on trouvera en annexe une échelle stratigraphique du Quaternaire. On rappelle que le Quaternaire est divisé en Holocène et Pléistocène, mais qu'à l'usage Quaternaire est pris comme équivalent de Pléistocène.

Fig. 21 bis

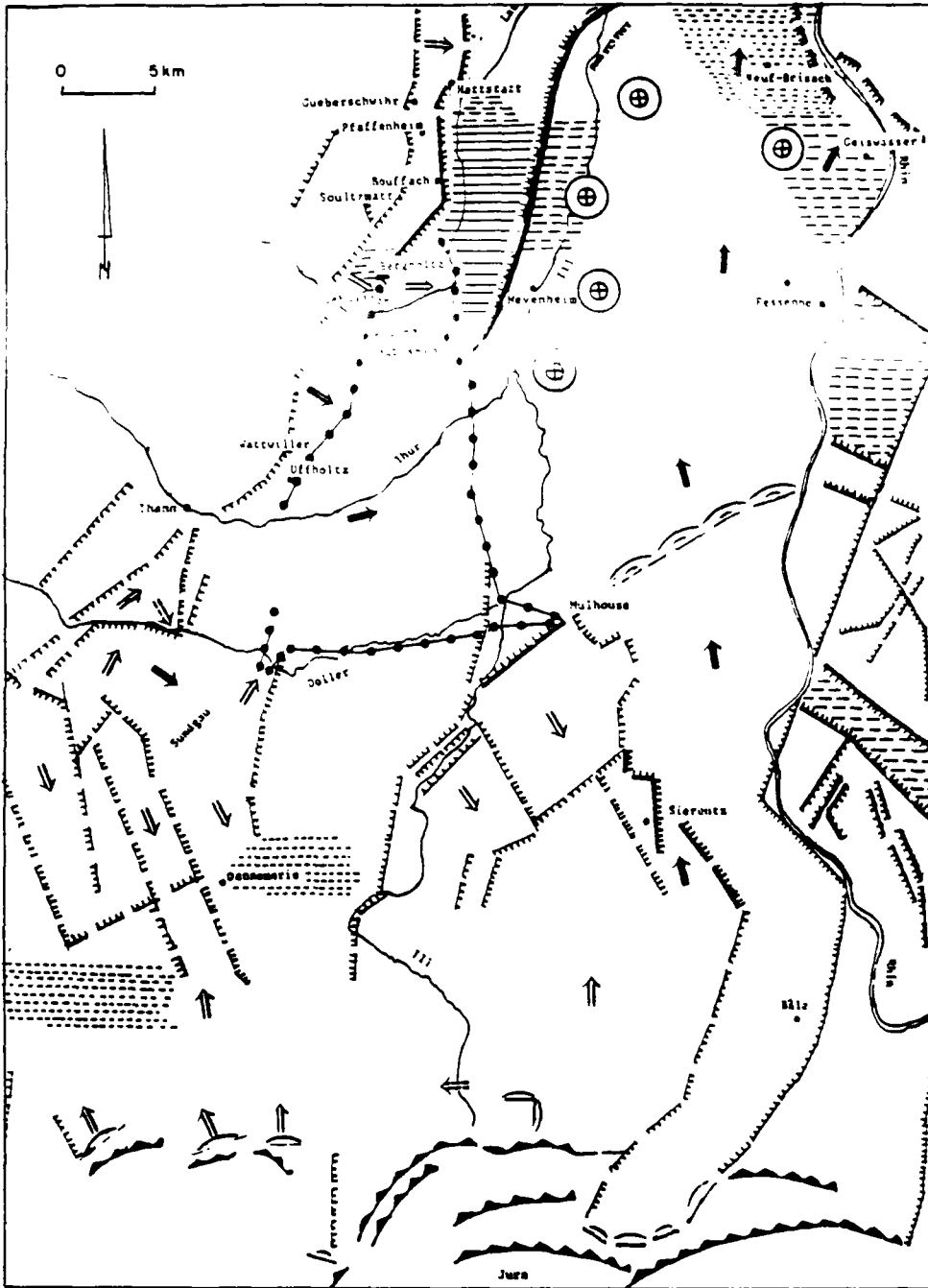


Fig.21bis - CARTE NEOTECTONIQUE DE L'ALSACE, d'après VOGT, 1980.

Types de mouvements :

- Linéaires : faille jusqu'au Riss inclus
Riss-Würm à Würm
Holocène



flexure



chevauchement du Jura sur le Pliocène pour l'axe le plus septentrional



diapir



- Aériaux : gauchissement, basculement

pré-quadernaire →
quadernaire pré-Würm →
Würm →

aire d'affaissement

jusqu'au Riss inclus - - - - -
Riss-Würm à Würm - - - - -
Holocène - - - - -

ligne de croisement des terrasses

pré-Würm • • • • •
Würm • • • • •

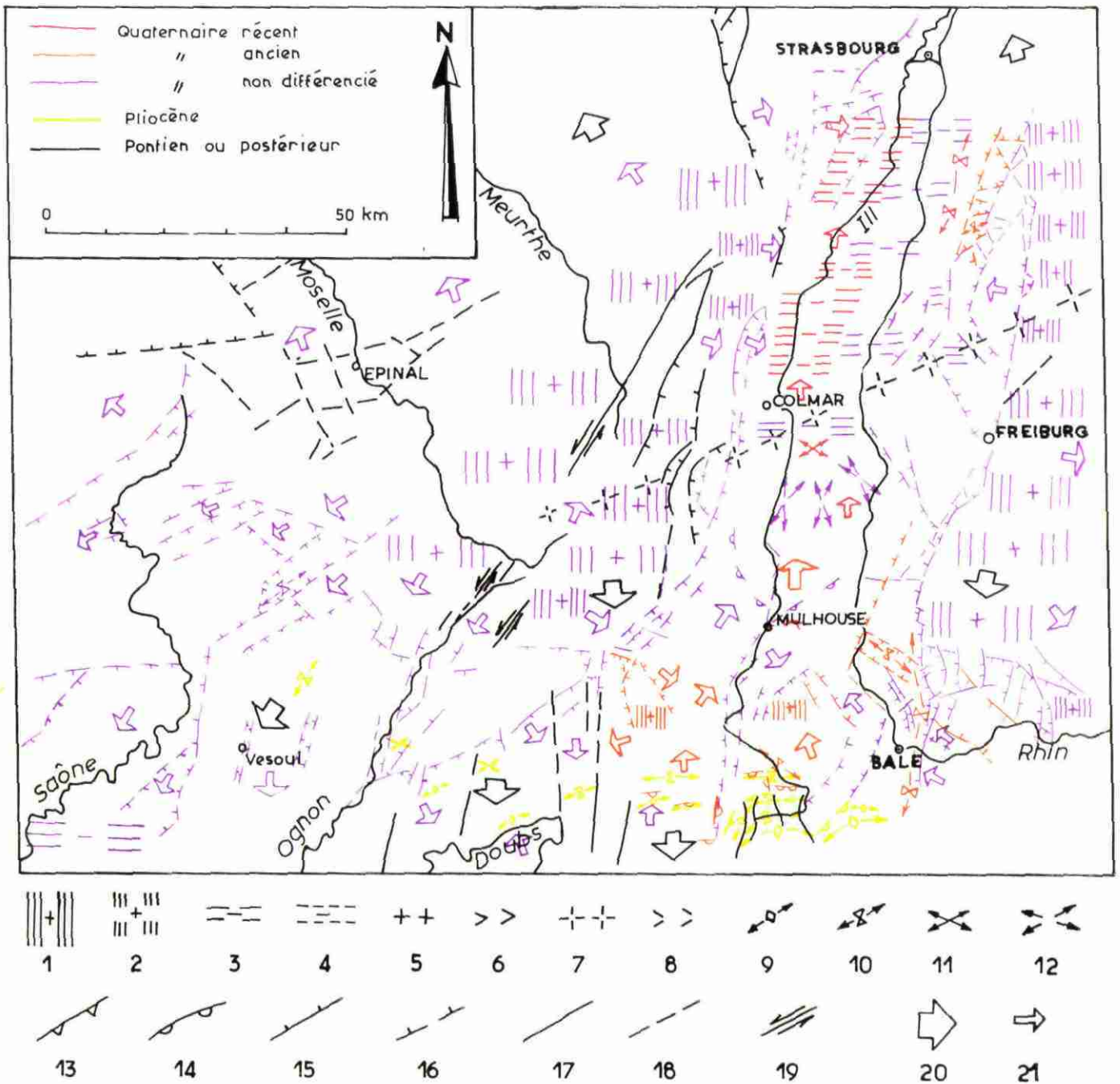


FIG. 22 — Néotectonique de la partie méridionale du bloc rhénan.

La figure illustre les déformations récentes de la partie méridionale des Vosges, de la Forêt-Noire, du fossé rhénan, du Jura alsacien et des régions voisines.

Légende des teintes. Sont représentés : en noir les accidents d'âge indéterminé, antépointien, pontien ou postérieur, en jaune les déformations d'âge pliocène (Jura), en violet les mouvements d'âge quaternaire non différencié, en orangé ceux d'âge quaternaire ancien. En rouge sont figurés les mouvements s'étant poursuivis jusqu'au Quaternaire récent. Tel est le cas par exemple de la zone des Rieds, en voie d'affaissement depuis le Gunz jusqu'à nos jours.

Légende des figurés. 1-2 = aires de soulèvement (certaines = 1, douteuses = 2), 3-4 = aires de subsidence (certaines = 3, douteuses = 4), 5-7 = aires anticlinales, 6-8 = aires synclinales, 9 = axe de pli anticlinal, 10 = axe de pli synclinal, 11 = diapir apparent, 12 = diapir masqué, 13 = chevauchement, 14 = flexure, 15 = faille, 16 = faille supposée, 17-18 = faille à rejet multiple ou sans rejet connu (certaine = 17, douteuse = 18), 19 = faille de décrochement, 20 = gauchissements régionaux, 21 = gauchissements locaux.

N. THÉOBALD, H. VOGT, O. WITTMANN

(1977)

3.3.1 - Déformations récentes des bordures du fossé

3.3.1.1 - Le massif des Vosges

♦ a) Les accidents de bordure

(1) TRICART et USSELMANN (1967) ont montré que la terrasse rissienne de Pfaffenheim est faillée (Fig.23) et rapportent cette déformation au Würm. De même les glacis situés plus à l'Ouest entre Pfaffenheim et Eghiseim attribués au Quaternaire ancien sont faillés : la déformation est attribuée au Quaternaire ancien.

(2) La carte géologique 1/50.000 de Mulhouse (1976) met en évidence des failles N 20 affectant des terrains würmiens et subactuels (Fig.23).

Pour THEOBALD et al (1977), la faille vosgienne, la faille rhénane, la faille d'Osenbach limitant à l'Est le fossé de Wintzfelden, la faille de Marbach-Westhalten, formant la limite est des horsts de grès du Buntsandstein de l'Oberlinger au Schlossberg, failles qui sont toutes apparentes dans le relief, ont peut être rejoué au Quaternaire. Les observations des points (1) et (2) l'attestent pour la faille rhénane et la faille de Marbach.

(3) Dans le champ de fractures du Vieux Thann, l'Ertzenbach et l'Egelbach ne présentent pas de cours régularisé, mais plusieurs ruptures de pentes très nettes, notamment l'une au passage de la faille rhénane, l'autre au contact du socle vosgien. Ceci documente la poursuite de mouvements relatifs du fossé rhénan et du socle vosgien jusqu'à une époque récente (THEOBALD, 1957, cité par THEOBALD et al, 1977).

(4) Au SE et au NW de Belfort se distinguent respectivement les massifs du Salbert et de la Forêt de Roppe. Ceux-ci ont dû subir selon THEOBALD et al (1977) une importante surrection au cours du Pléistocène ; par ailleurs, les nappes d'alluvions anciennes conservées à l'intérieur du champ de fractures de Roppe ont subi des déformations au cours du Quaternaire : certaines de ces failles ne sont d'ailleurs pas encore nivelées et sont encore repérables dans le paysage actuel.

♦ b) Les accidents à l'intérieur du massif

En dehors du faisceau de failles de bordure, des rejeux pléistocènes sont signalés sur des accidents affectant le Massif des Vosges.

■ accident NE-SW (i.e parallèles au faisceau de bordure). Selon THEOBALD et al (1977) certains d'entre eux expliquent de façon remarquable la morphologie notamment le long des lignes de crête ja-lonnées par :

• le Tremontkopf, le Bärenkopf et le Sudel, au Sud de la Doller (5),

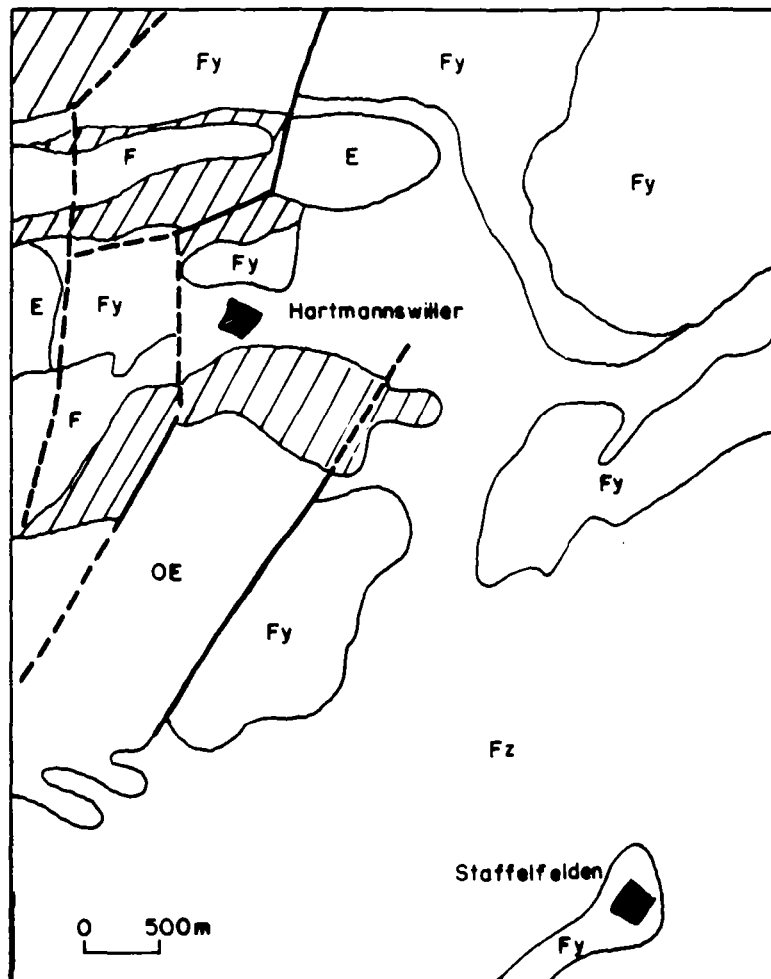



Fig. 23 - FAILLES DU QUATERNAIRE RECENT DU SECTEUR STAFFELFELDEN - HARTMANSWILLER, d'après la carte géologique 1/50.000 de MULHOUSE (1976)

| | |
|---|------------------------------------|
| E | Eboulis |
| Fz | Holocène |
| Fy | Wurm |
| F | Alluvions d'âge indéterminé |
| OE | Loess |
|  | Antéquaternaire |

■ la Tête des Perches, le Rossberg et le col du Hundsruck entre les vallées de la Doller et de la Thur (6). Suivant THEOBALD et al (1977), leur influence manifeste sur la morphologie peut s'expliquer, soit par le rejeu au cours du soulèvement quaternaire des Vosges, soit par un emboîtement des surfaces néogènes.

■ accidents de direction E-W : la faille de Giromagny (7) et de la faille du Bois de la Chapelle (8). Pour THEOBALD et al (1977) ces 2 accidents se sont manifestés au cours du Pléistocène. Le rejeu de la faille du Bois de la Chapelle a vraisemblablement contribué (au même titre que l'affaissement de la zone faillée de l'Ognon plus à l'Ouest) à la capture du Rhin vers l'Ognon.

3.3.1.2 - Le Massif du Schwarzwald (Forêt Noire)

♦ a) Les accidents de bordure

Au Nord de la région considérée ici, les failles du champ de fractures de Lahr affecte les surfaces pontiennes. Des déformations pléistocènes sont visibles dans d'anciennes sablières (WITTMAN, 1936).

(9) Entre Kandern et Bâle (Champ de fractures de Lörrach et flexure rhénane) des mouvements horizontaux et de petits chevauchements ont été décelés par WITTMAN (1957). THEOBALD et al (1977) ne donnent pas d'information sur leur âge. La figure 22 les répertorie "d'âge indifférencié".

(10) Le plateau d'Istein qui fait partie du champ de fractures de Lörrach est en particulier caractérisé par l'existence de 2 failles NE-SW qui délimitent le fossé de Bamlach. THEOBALD et al (1977) attribuent un jeu Pléistocène récent vu la continuité de ces structures avec celles du fossé de Dinkelberg sur lesquels on dispose d'éléments de datation de cette période (voir plus loin).

(11) Sur la bordure Est du Rhin, le plateau d'Istein est découpé par des failles formant des fossés étroits qui ont fonctionné au Würm ; en effet dans la traversée de ces fossés la basse terrasse rhénane (Würm) montre des épaisissements. Par ailleurs, THEOBALD et al (1977) notent que la région d'Istein-Lörrach est découpée de failles affectant le Tertiaire et qui ont vraisemblablement rejoué après le Pontien vu leur aspect dans la morphologie.

♦ b) Intérieur du Massif

(12) L'activité pléistocène de la faille Est-Ouest qui sépare le socle cristallin du Schwarzwald et la plateau triasique de Weitenau est démontrée par la morphologie très jeune visible par exemple dans le vallon rocheux de la Höllschlercht où la zone faillée est marquée par une cascade de la rivière et par les ruptures de pente des petites rivières recoupant la faille.

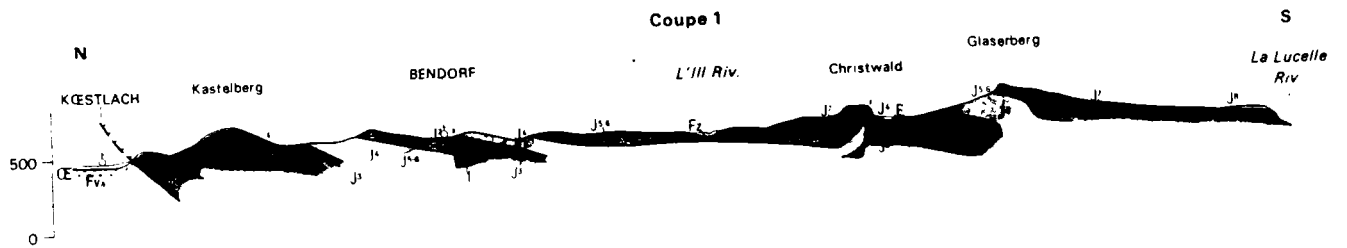


Figure 24
COUPE N-S DU CHEVAUCHEMENT NORD-JURASSIEN,
d'après carte 1/50.000 (1973) de Ferrette

(13) Le fossé central du plateau du Dinkelberg, à l'Est de Bâle, est limité par 2 failles principales NW-SE. A l'Est de Maulburg, les graviers d'âge Riss de la haute terrasse de la Wiese se montrent à des altitudes différentes de part et d'autre de la faille formant la limite nord-est du fossé. Cette faille a donc été réactivée après le Riss.

3.3.1.3 - Bordure du Jura alsacien

(14a) Le chevauchement du Jura alsacien sur les terrains tertiaires a rejoué postérieurement au dépôt des cailloutis de la Sundgau comme l'a montré LINIGER (1965) et comme illustré par la coupe de la figure 24. Ce jeu apparaît donc post-villafranchien.

Le chevauchement est découpé d'accidents subméridiens (faille d'Allschwil (15) ; faille de Luppach (16) qui selon THEOBALD et al (1977) ont pu rejoué au Pléistocène ancien.

(14b) A l'Est de Delle, la nappe des cailloutis de la Sundgau est déformée en plusieurs endroits immédiatement au contact du chevauchement.

3.3.2 - Déformations récentes liées aux structures du fossé rhénan proprement dit

3.3.2.1 - Le bassin potassique

Parmi les failles subméridiennes qui caractérisent le bassin potassique THEOBALD et al (1977) mentionnent celle d'Ungersheim (17) qui a certainement joué un rôle actif au cours du Quaternaire : dans le secteur de Merxheim-Gundolsheim elle limite les affleurements de loess récent.

Par ailleurs, on notera :

■ une zone d'affaissement quaternaire progressif vers le centre du fossé (déduite de l'analyse de la ligne de croisement des terrasses anté-Riss, Riss et Würm) particulièrement notable à l'Est de Pulversheim ert de Gundolsheim. On rappelle à ce sujet que l'affaissement rhénan atteindrait au moins 250 m à Geiswasser (FOURNIGUET, 1978).

■ une zone de dômes-diapirs qui poursuivent leur ascension au cours du Quaternaire (notamment ceux de Meyenheim-Hettenschlag) et jusqu'à l'époque actuelle.

Ces phénomènes, bien que n'attestant pas de manière précise de l'activité de telle ou telle faille, sont en relation avec le jeu d'accidents tectoniques vraisemblablement masqués par les formations quaternaires elles-mêmes.

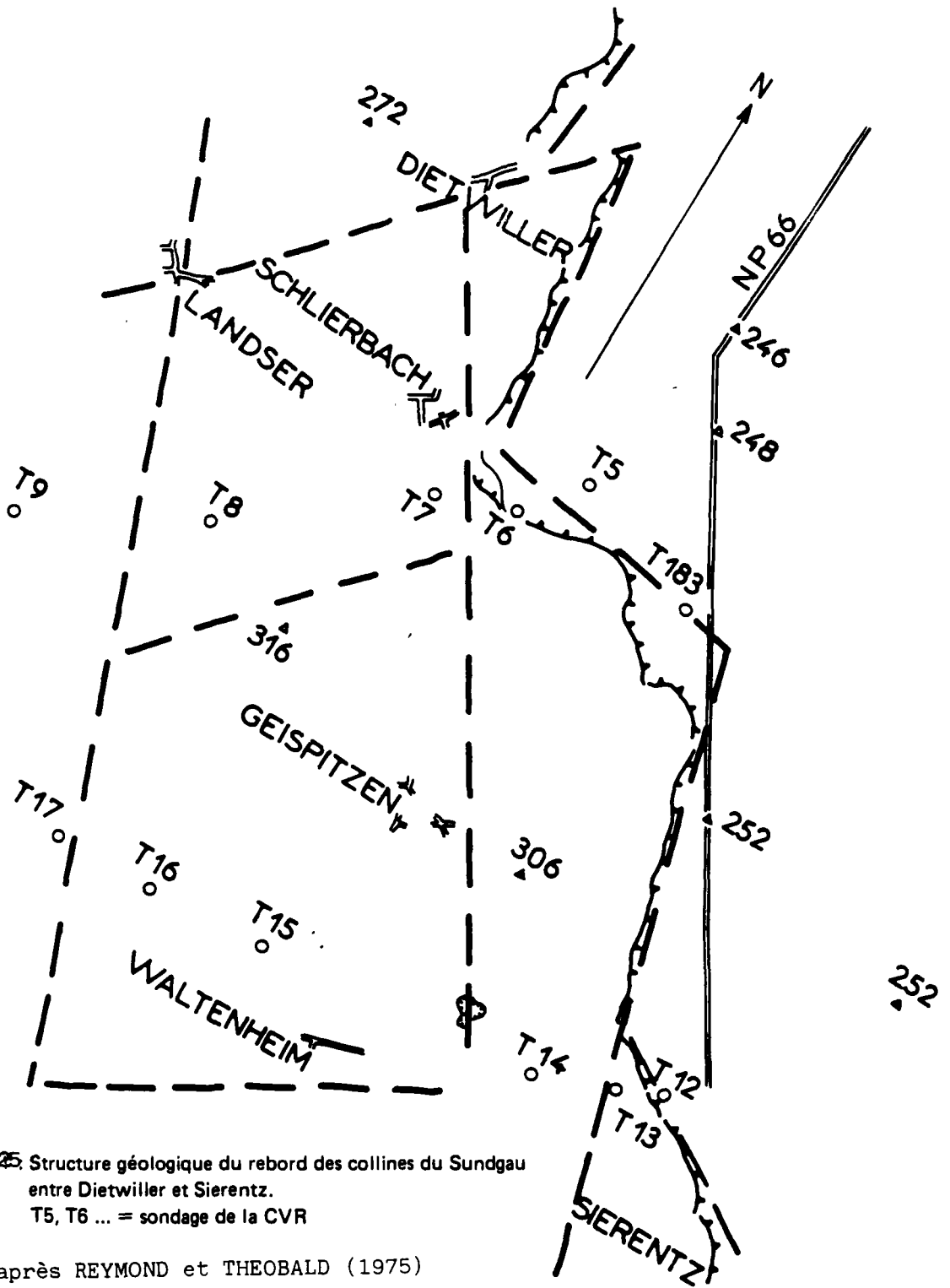


Fig. 25. Structure géologique du rebord des collines du Sundgau
entre Dietwiller et Sierentz.
T5, T6 ... = sondage de la CVR

d'après REYMOND et THEOBALD (1975)

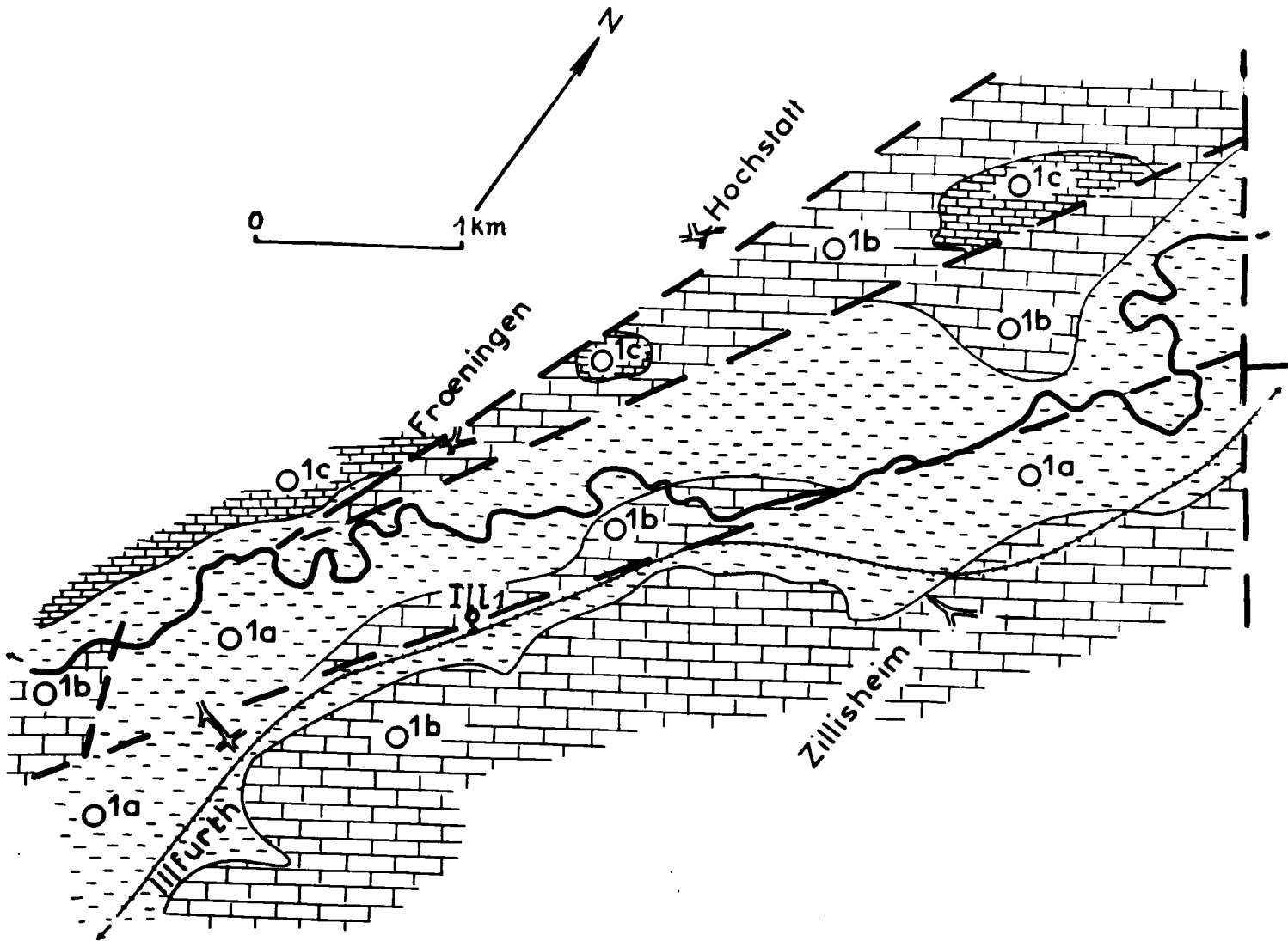


Figure 26

Structure géologique de la région d'Illfurth
d'après REYMOND et THEOBALD (1975)

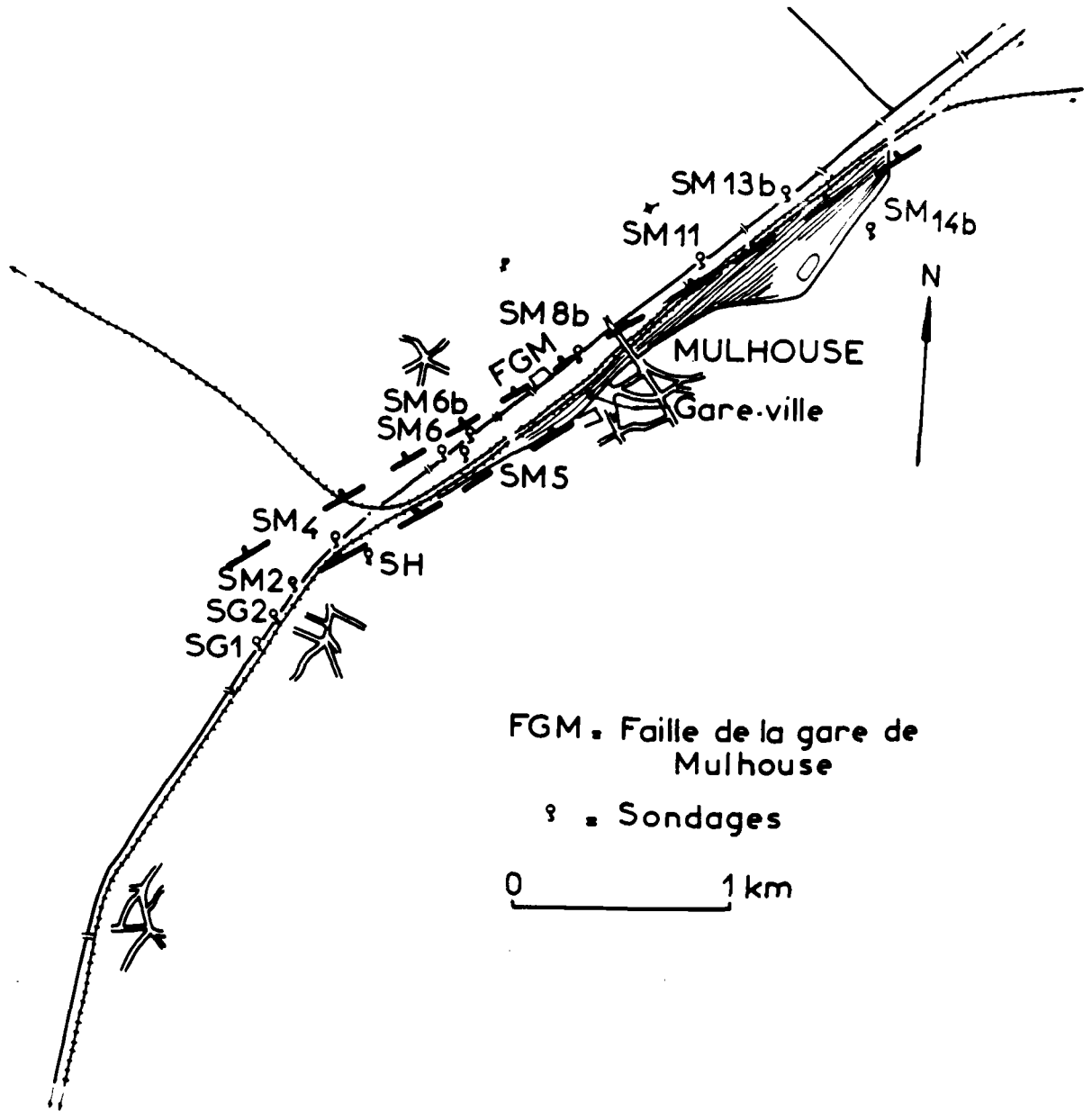


Fig. 27
STRUCTURE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE MULHOUSE,
d'après REYMOND et THEOBALD, 1975

3.3.2.2 - Le Sundgau et ses abords

Les accidents tectoniques qui compartimentent le Sundgau présentent tous des rejeux d'âge quaternaire.

■ accidents N-S : (18) la faille de la Savoureuse affecte la base des alluvions anté-würmiennes* mais est cachetée par des dépôts würmiens. (19) : la faille de Charmois est en grande partie masquée par des dépôts récents, toutefois à son extrémité Sud il est montré que des réactivations ont eu lieu (THEOBALD et al, 1977).

■ accidents N 20 (direction rhénane) à N 45 et N 150. Ce sont essentiellement les structures tectoniques de ces directions qui contrôlent le horst de Mulhouse, le fossé de Sierentz, le fossé d'Allschwil et le palier de Sentheim.

A la limite Donau-Gunz, le fossé de Sierentz s'individualise en basculant vers le Nord comme l'atteste la disposition des nappes d'alluvions de la bordure orientale de la Sundgau 0,8% pour le Gunz, 0,7% pour le Mindel, 0,3% pour le Riss, 0,17% pour le Würm ; le cours actuel du Rhin ayant une pente de 0,1%. ?

Corrélativement le horst de Mulhouse se relève en s'inclinant vers le Sud-Est tout en compartimentant, hypothèse confirmée par sondages (REYMOND et THEOBALD, 1975). Dans la région de Sierentz, le rebord des collines sundgoviennes est un rebord de failles (20) (Fig.25). Des mouvements différentiels ont eu lieu dans la région d'Illfurth et d'Altkirch (21) (Fig.26).

(22) L'étude des sondages carottés réalisés en 1969 le long du canal du Rhône au Rhin a permis de préciser le tracé de la faille dite de la gare de Mulhouse (Fig. 27) dont le rejeu post-Würm est probable (REYMOND et THEOBALD, 1975).

La cartographie précise des alluvions du seuil de Valdieu (Fig.28) permet de mettre en évidence des déformations de type faille postérieures au dépôt des cailloutis du Sundgau (THEOBALD, 1975). Ultérieurement, après le Riss, l'ensemble du palier de Sentheim (23) a subi un gauchissement général vers l'Est.

* On notera que pour THEOBALD (1968) cette différence de profondeur s'explique par un surcreusement.

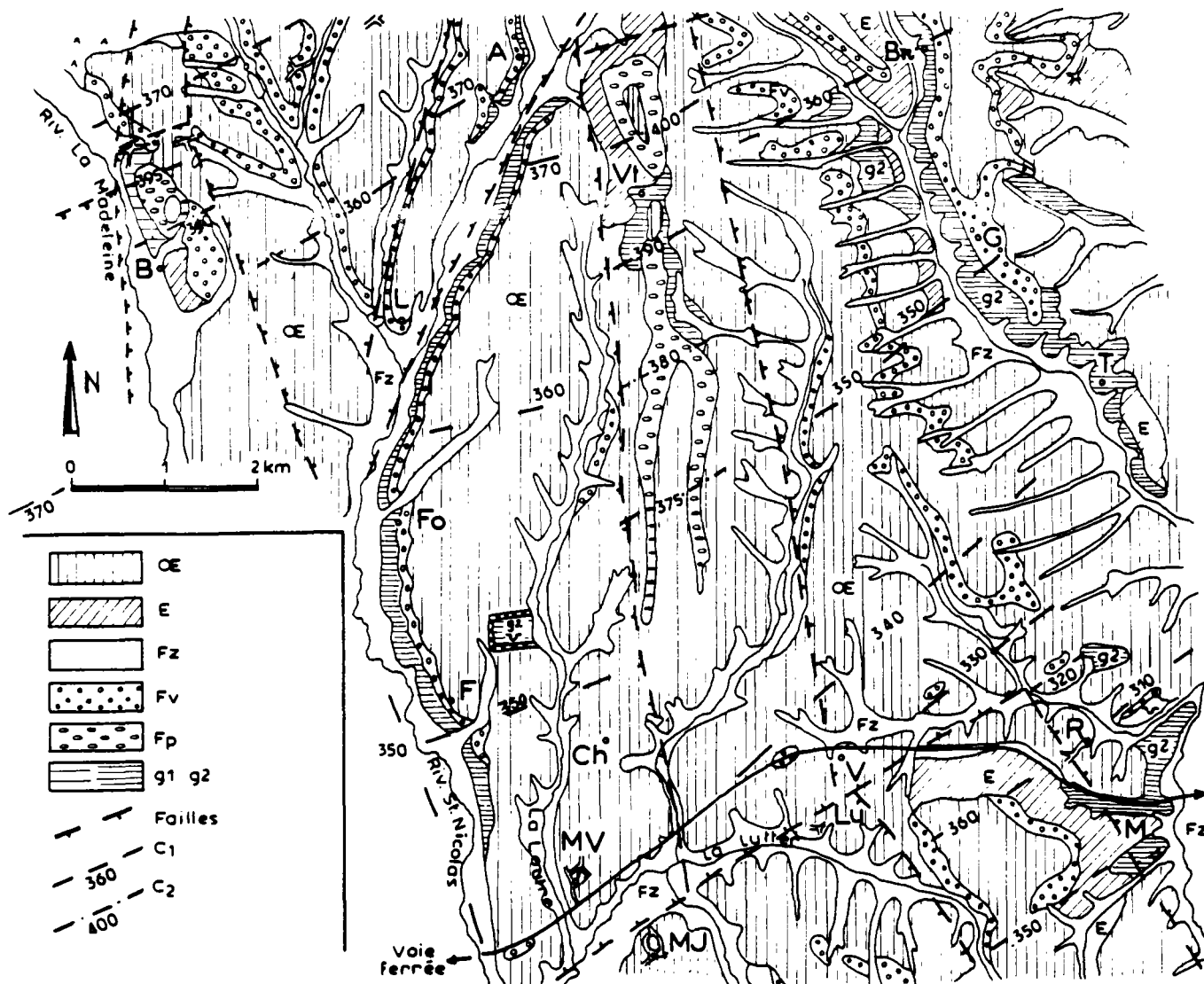


Fig. 28

**Esquisse géologique de la région du seuil de Valdieu
d'après THEOBALD (1975)**

Légende :

OE = loess et loesslehm, E = éboulis, loess soliflués, Fz = alluvions du fond des vallées, Fv = alluvions villafranchiennes = nappe des cailloutis du Sundgau, Fp = alluvions d'âge pliocène moyen = nappe à galets vosgiens, g1 = conglomérats du système de Bourgne = Oligocène inférieur, g2 = marnes du Stampien = Oligocène moyen.

C1 = courbes isohypses de la base de la nappe des cailloutis du Sundgau. C2 = courbes isohypses de la base de la nappe à galets vosgiens.

Localités repérées par les clochers :

A = Angeot, B = Bethonvilliers, Bn = Bretten, Ch = Chavannes sur l'Étang, F = Foussemagne, Fo = Fontaine, G = Guévenatten, L = Lagrange, Lu = Lutran, M = Manspach, MJ = Montreux-Jeune, MV = Montreux-Vieux, R = Retzwiller, T = Traubach le Haut, V = Valdieu, Vt = Vauthiermont.

CONCLUSIONS

A - RESULTATS

Les résultats du présent travail proviennent exclusivement d'une compilation bibliographique sans recherches nouvelles du type étude d'images satellites ou aériennes ou étude de terrain, et représentent donc un bilan qu'il est nécessaire de faire évoluer. Ces résultats sont de 2 ordres :

♦ a) Tectonique

■ Le schéma structural de la planche 1 établi à partir de documents à petite échelle met en évidence 4 directions structurales principales : N-S, N 20 - N 50, N 90, N 150.

■ La carte néotectonique (planche 2) atteste de mouvements plioquaternaires (1) sur toutes les directions décelées ; (2) sur les principaux accidents contrôlant la structure du fossé rhéno-méridional et apparaissant sur le schéma structural (planche 1).

On note que, dans le cadre d'une définition des "failles actives" conforme à celle proposée par l'U.S. Neotectonic Commission* (définie dans un contexte de forte sismicité et difficilement applicable en domaine intraplaque européen), on dispose d'indices ou de preuves de mouvements récents postérieurs à - 35.000 ans sur des accidents appartenant aux 4 directions structurales principales décelées N-S, N 20-N 50, N 90, N 150 (Tableau 1).

* Est considéré comme active ("capable fault") une faille pour laquelle il existe au moins l'un des trois critères suivants :

♦ 1 - Preuve de mouvement à (ou près de) la surface du sol, au moins une fois depuis 35.000 ans, ou à caractère récurrent durant les 500.000 dernières années,

♦ 2 - Existence d'une activité sismique enregistrée avec suffisamment de précision, pour pouvoir être mise en relation avec la faille,

♦ 3 - Relation structurale avec une faille satisfaisant aux critères 1 et 2 ("faille satellite") de telle sorte que tout mouvement de l'une puisse s'accompagner d'un mouvement de l'autre.

| | MOUVEMENT A (ou près de) LA SURFACE DU SOL | | | | MOUVEMENT AU QUATERNAIRE ANCIEN (0,7 - 1,8 MA) | INDETERMINE (au Quaternaire) |
|----|---|----------|---|----------|---|---------------------------------|
| | au moins une fois depuis - 35.000 ans | | à caractère récurrent depuis - 500.000 ans | | | |
| | certain | probable | certain | probable | | |
| 1 | + | | | | | |
| 2 | + | | | | | |
| 3 | | + | | | | |
| 4 | | | | + | | |
| 5 | | | | | | + |
| 6 | | | | | | + |
| 7 | | | | | | |
| 8 | | + | | | | |
| 9 | | | | | | + |
| 10 | | | | + | | |
| 11 | | + | | | | |
| 12 | | + | | | | |
| 13 | | | + | | | |
| 14 | | | | | + | |
| 15 | | | | | + | |
| 16 | | | | | + | |
| 17 | | | | | | |
| 18 | | + | | | | |
| 19 | | | | | + | |
| 20 | | | + | | | |
| 21 | | | + | | | |
| 22 | | + | | | | |
| 23 | | + | | | | |

Tableau 1
 ESSAI DE CLASSIFICATION DES FAILLES EN FONCTION
 DES CRITERES D'ACTIVITE
 (commentaire dans le texte)

■ En termes de longueur de failles deux types de structures peuvent être distinguées :

■ les structures internes du massif (faille vosgienne et satellites, faille schwabwaldienne et satellites) et les structures bordières du graben (failles rhénanes ouest et est ; chevauchement du Jura) : elles sont pluridécakilométriques,

■ les structures internes au graben : elles ne semblent que d'ordre plurikilométrique.

■ Deux zones de déformation peuvent être distinguées : au Sud (Jura alsacien), une zone associant décrochements et failles inverses ; au Nord, Fossé rhénan proprement dit et bordures, une zone caractérisée par des failles normales.

◆ b) Sédimentaire

Les données disponibles sur les épaisseurs d'alluvions montrent des accumulations importantes (pouvant dépasser 200 m) liées à des mouvements de subsidence au niveau de l'ensemble du fossé et dont le contrôle structural profond est probable, et ce au niveau local (secteur Wittenheim - Ensisheim et Ottmarsheim - Geiswasser).

B. CONSEQUENCES POUR L'EVALUATION DE L'ALEA SISMIQUE

◆ a) Sources sismiques potentielles

■ Toutes les localités comportant une ou plusieurs industries à haut risque sont situées à moins de 5 km de structures néotectoniques actives au plioquaternaire, voire même à l'aplomb de certaines d'entre elles.

Ces structures peuvent être plurikilométriques ou pluridécakilométriques suivant les cas. Les rejeux récents (- 35.000 ans) sont à étudier cas par cas.

■ Les structures majeures à l'échelle régionale que sont les accidents bordiers du graben rhénan montrent des preuves (faille rhénane Ouest, sur le secteur étudié) ou des indices (faille rhénane Est, au Nord du secteur étudié) de mouvements très récents (inférieurs à - 35.000 ans). Le chevauchement du Jura montre des déformations plus anciennes (post-Villafranchien), des rejeux plus récents sur cette structure n'étant pas exclus. Les localités comportant des industries à haut risque se situent à 15 km au plus de ces structures.

◆ b) Déformations de surface et effets de champ proche

^{ou} Il ressort en particulier du point (a) précédent que des ruptures de surface ~~et~~ des effets de champ proche sont à envisager sur toutes les structures néotectoniques décrites et donc au niveau de toutes les localités comportant des industries à haut risque.

| | 1 | 2 |
|---------------|-----------|------------|
| Ottmarsheim | > 80 m | ≈ 120 m |
| Chalampé | > 80 m | ≈ 100 m |
| Mulhouse | 0 - 40 m* | 0 - 60 m* |
| Staffelfelden | ≈ 40 m | (≈ 20 m)** |
| Thann | ? | ? |
| Wittelsheim | ≈ 50 m | (≈ 20 m) |
| Huningue | ? | (≈ 20 m) |
| Cernay | ? | ? |

* suivant le lieu

** les parenthèses indiquent que l'information est fournie en pointillé sur la carte

Tableau 2
EPAISSEURS DES ALLUVIONS A L'APLOMB DES LOCALITES
COMPORTANT UNE OU PLUSIEURS INDUSTRIES A HAUT RISQUE
d'après (1) la carte géologique 1/50.000 de Mulhouse (1976)
(2) SIMLER et THEOBALD (1970)
in VOGT et SITTLER (1972)

♦ c) Effets de site

L'importance des accumulations d'alluvions et leur contrôle structural profond probable font de l'ensemble un dispositif a priori favorable à des amplifications du signal sismique.

Le tableau 2 présente les valeurs des épaisseurs d'alluvions sous chaque localité étudiée. On remarque que ces valeurs diffèrent suivant la source d'information.

C. ETUDES COMPLEMENTAIRES

■ Les études néotectoniques réalisées dans le Sud du Fossé Rhénan ont montré l'importance des déformations récentes de ce secteur. Hormis l'étude des déformations actuelles par comparaison de nivellements, des compléments d'information sont indispensables :

- (1) en vue d'une meilleure compréhension générale du contexte néotectonique et en vue d'une caractérisation géométrique précise des sources sismiques potentielles,
- (2) pour préciser au niveau de chaque site industriel à haut risque l'existence ou la non existence de structures actives* pouvant générer des ruptures de surface et/ou des effets de champ proche,
- (3) pour préciser l'origine du séisme de 1356 (faille normale ou faille inverse ? avec ou sans composante décro-chante ?)**
- (4) pour préciser les épaisseurs, le contrôle structural des alluvions et les modalités de la subsidence.

■ Ces compléments d'information pourront être obtenus :

♦ a) Au niveau de la surface à partir :

(a₁) de l'analyse de photographies aériennes existantes et de l'analyse (et du traitement) des photographies SPOT,

(a₂) d'études de terrain classiques (études microtectoniques, en particulier),

(a₃) de la mise en oeuvre de moyens particuliers : tranchées sur failles supposées affectant le Quaternaire (opération du type de celles menées avec succès sur la faille de San Andrea ou à El Asnam) ; vues aériennes infrarouges obliques (particulièrement efficaces en zone de plaines) ; datation des formations récentes sur les sites de déformation (pour préciser le tableau 1).

* Ce travail ne peut être réalisé qu'à partir d'une cartographie à l'échelle de 1/10000 ou 1/5000. On rappelle que l'échelle des planches 1 et 2 est insuffisante pour une telle approche.

** Dans l'état actuel des connaissances et vu la marge d'incertitude sur la position de l'épicentre (de l'ordre de la dizaine de kilomètres) (LAMBERT, 1988) trois structures peuvent être proposées comme ayant pu générer la secousse : chevauchement nord-jurassien, faille d'Allschwil, flexure rhénane.

♦ b) au niveau du sous-sol à partir :

(b₁) de la compilation et de l'étude de toutes les données géophysiques disponibles avec réinterprétation si nécessaire.

(b₂) d'investigations géophysiques nouvelles, profondes ou de surface (notamment sur les sites industriels).

BIBLIOGRAPHIE

- BARTZ J., 1974 - Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingraben.
In : JH ILLIES and K. FUCHS Editors. Approaches to taphrogenesis -
Stuttgart pp. 78-87.
- BITTERLI-BRUNNER P., HAUBER L., FISHER H., 1975 - Investigation of
recent crustal movements across the Rhine-graben flexure at Basel.
Tectonophysics, t.29 (1975), p.283-287.
- COURTOT C., GANNAT E., WENDLING E., 1972 - Le bassin potassique de
Mulhouse et ses environs. Etude du Tertiaire.
Sci. Géol. Bull., 25, p.2-3, 69-91.
- FOURNIGUET J., 1978 - Notice de la carte néotectonique de la France à
1/1.000.000.
Rapport BRGM/SGN/GEO.
- GROS Y., 1976 - Etude des déformations cassantes dans le socle hercynien
de la haute vallée de l'Ognon (Feuille 1/50.000 Giromagny).
Rapport BRGM/SGN/GEO.
- HIRLEMANN G., 1972 - Les champs de fractures du département du Haut
Rhin.
Sci. Géol. Bull. 25, 2-3, p.51-67.
- ILLIES J.H., 1977 - Ancient and recent rifting in the Rhinegraben.
Geologic in Mijnbouw 56, 4, pp. 329-350.
- ILLIES J.H., GREINER G., 1979 - Holocene movements and state of stress
in the Rhine graben rift system.
Tectonophysics 52, pp. 349-359.
- LAMBERT J., 1988 - Evaluation de l'aléa sismique de la partie
méridionale du Fossé Rhénan. Le tremblement de terre de la région de
Bâle d'octobre 1356. Bilan et description des effets macrosismiques.
Rapport BRGM 88 SGN 794 GEG.
- LARROQUE J.M., ANSART M., 1985 - Les déformations liées à la tectonique
distensive oligocène du bassin potassique de Mulhouse : cas du secteur
minier.
B.S.G.F. (8), t.I, n°6, pp.837-847.
- LINIGER H., 1966 - Das plio-pleistozäne Flussnetz der Nordschweiz.
Regio basil Suisse VII 2, pp. 158-177.
- LINIGER H., 1967 - Pliozän und Tektonik des Juragebirges.
Eclogae geol. Helv. 60, 2 pp. 407-490.
- MUNCK F., SAUER K., WALGENWITZ F., MAGET Ph., TIETZE R., NEEB R., ZACHER
A., SCHLEMMINGER G., 1979 - Synthèse géothermique du Fossé Rhénan
Supérieur.
Rapport CCE/BRGM-SGAL/Geologisches Landesamt Baden-Wurtemberg.
- REYMOND H., THEOBALD N., 1975 - Données nouvelles sur l'évolution
tectonique du horst de Mulhouse-Altkirch.
Ann. Sc. de l'Université de Besançon, série 3, fasc.23, pp.45-56.

RUHLAND M., 1974 - Le rôle des décrochements dans le socle vosgien et en bordure du Fossé Rhénan. In : Approaches to taphrogenesis ILLIES J.H. et FUCHS K. eds. p.167-171.

SAURET B., 1988 - Cadre géodynamique et tectonique du Fossé Rhénan. *Rapport BRGM (à paraître)*.

SITTLER C., 1969 - Le fossé rhénan en Alsace. Aspect structural et historique bref. *Rev. Geogr. Phys. Géol. Dyn.*, vol.11, 5, p. 465-494.

SITTLER C., 1972a - Le Sundgau, aspect géologique et structural. *Sciences géologiques, Strasbourg*, t.25, fasc. 2-3.

SITTLER C., 1972b - Le pétrole dans le département du Haut-Rhin. Bilan d'un siècle et demi de recherches et d'exploitations. *Sc. Géol. Bull.* 25, 2-3, pp. 151-161.

THEOBALD N., 1948 - Carte de la base des formations alluviales dans le Sud du Fossé Rhénan. *Mém. Serv. Carte géol. Alsace Lorraine*, 9, 77 p.

THEOBALD N., 1968 - Tracé de la faille de la Savoureuse dans la traversée de Belfort. *Ann. Sc. Univ. Besançon*, 3ème série, fasc.5, p.13-14.

THEOBALD N., 1969 - La retombée méridionale des Vosges au Nord-Est de Belfort. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, (3), *Géologie*, fasc. 6, pp. 16-22.

THEOBALD N., 1969 - Néotectonique de la bordure méridionale des Vosges. Disposition des alluvions anciennes au débouché des vallées de la Semouse, de l'Augronne et de la Combeauté. Congrès INQUA 1969. *Bull. Ass. géogr. français*, n° 373-374, pp. 479-484.

THEOBALD N., 1975 - La ligne de partage des eaux du seuil de Valdieu. *Ann. Sci. Univ. Besançon*, fasc. 23 (à l'impression).

THEOBALD N., **VOGT H.**, **WITTMANN O.**, 1977 - Néotectonique de la partie méridionale du bloc rhénan. *Bull. BRGM*, IV, 2, pp. 121-140.

TRICART J., **USSELMANN P.**, 1967 - Feuille géomorphologique Neuf-Brisach 1/2. Notice et carte CNRS. RCP 77. *Rev. Géomorpho. Dyn.* XVII, n°1, p.10-20, 1967.

VOGT H., 1980 - Etude géomorphologique du rebord sud-occidental du Fossé Rhénan. *Thèse d'Etat. Univ. Strasbourg*.

VOGT H., **SITTLER J.**, 1972 - Le Quaternaire du département du haut Rhin. *Sc. Géol.*, *Bull.* 25 2-3, pp. 127-135.

VON ELLER J.P., 1976 - Vosges Alsace. Guide géologique régional. *Masson Ed.*

VONFELT J., 1955 - *La bordure vosgienne entre Roffach et Sélestat.*
Rev. Géomorpho. Dyn. 6, 1, p.7-33 (1966).

WITTMANN O., 1936 - Beiträge zur Geologie der Vorberge zwischen Kinzing und Elz im mittleren Schwarzwald.
Badische geol. Abhandlungen, 8, Karlsruhe, pp. 127-183.

Carte tectonique de la Suisse (1/500.000, 1980).

Carte tectonique de la France (1/1.000.000, 1980).

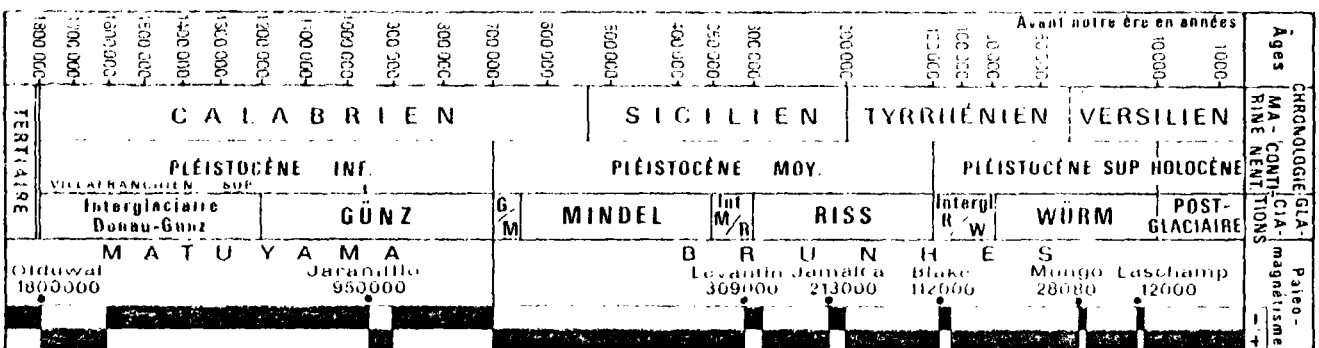
Carte géologique Strasbourg-Mulhouse (1/320.000, 1956).

Cartes géologiques 1/50.000 Ferrette (1973) ; Mulhouse (1976) ; Belfort (1963).



A N N E X E

ANNEXE



Echelle stratigraphique du Quaternaire,
d'après FOUCAULT et MASSON, Dictionnaire de géologie, MASSON (1984)



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
 Direction de la Sécurité Civile
 Sous Direction des Risques Naturels
 et Technologiques
 1 Place Beauvau 75 800 PARIS

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
 Délégation aux Risques Majeurs
 14 Boulevard Général Leclerc
 92 254 NEUILLY SUR SEINE

Cadre néotectonique du fossé rhénan méridional Implications pour l'évaluation de l'aléa sismique

Carte structurale du Fossé Rhénan méridional
 et de ses bordures

Echelle 1/250 000

PLANCHE 1

LEGENDE

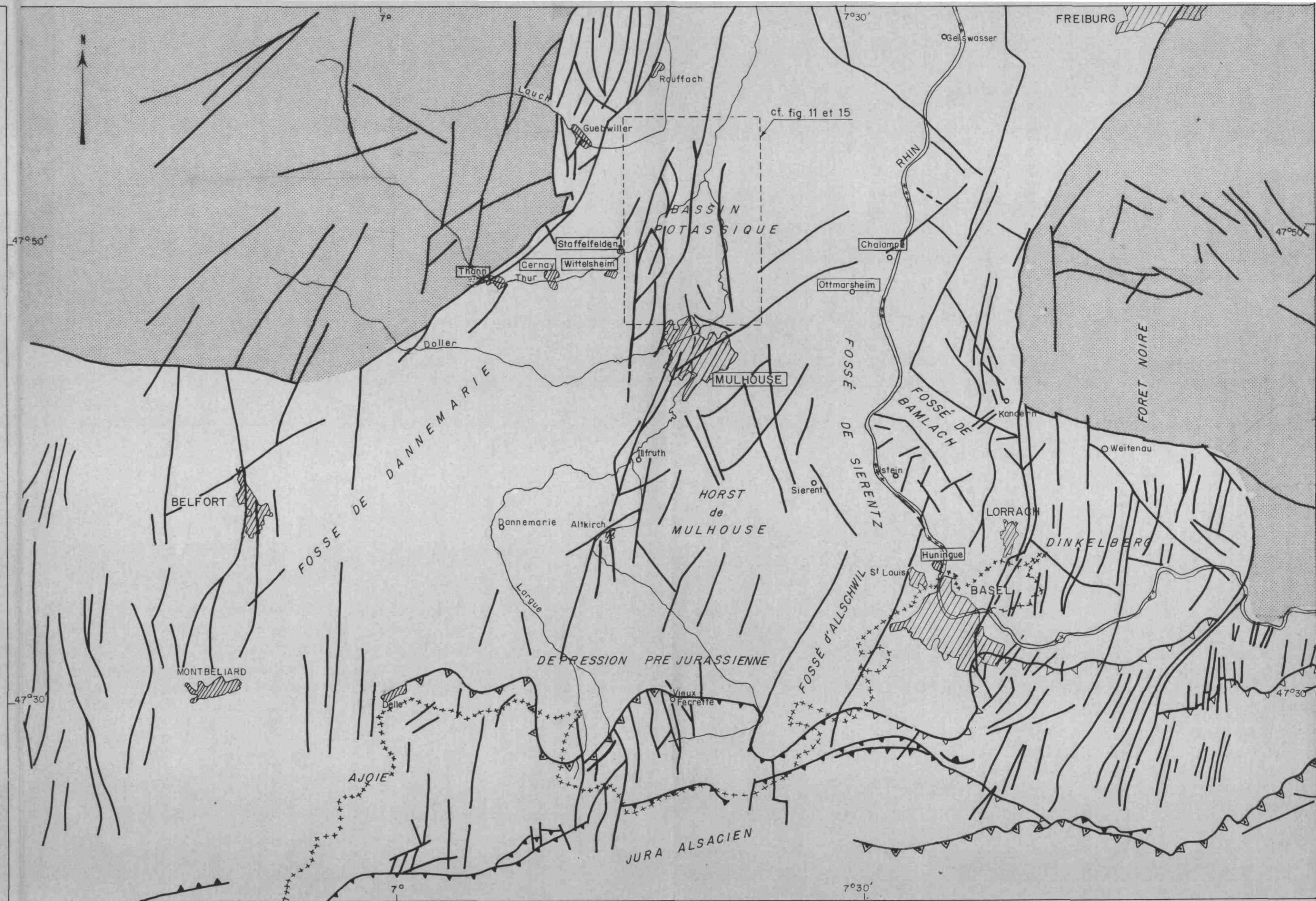
- | | |
|--|---|
| | Localité comportant une ou plusieurs industries à haut risque |
| | Faïlle |
| | Chevauchement (source 1) |
| | Chevauchement (source 2) |
| | Chevauchement (source 1 et 2) |
| | Socle antétriasique |

Principaux accidents d'après :

- la carte tectonique de Suisse (1/500 000, 1980) (source 1)
- la carte tectonique de France (1/1000 000, 1980)
- la carte de profondeur de la base du tertiaire (Synthèse géothermique du Fossé Rhénan, MUNCL et al, 1979) (source 2)
- les données de COURTOT et AL (1972) et LARROQUE et ANSART pour le Bassin potassique de Mulhouse (1985)

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
 SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
 Département Ingénierie Géotechnique - Atelier Risque et Génie sismiques
 Domaine de Luminy Route Léon Lachamp 13009 Marseille
 Tél 91 41 24 46 - Télécopie 91 41 15 10 - Télex BRGM 401 585 F

88 SGN 883 GEG





MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
 Direction de la Sécurité Civile
 Sous Direction des Risques Naturels
 et Technologiques
 1 Place Beauvau 75 800 PARIS

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT
 Délégation aux Risques Majeurs
 14 Boulevard General Leclerc
 92 254 NEUILLY SUR SEINE

Cadre néotectonique du fossé rhénan méridional Implications pour l'évaluation de l'aléa sismique

Carte néotectonique (plio-quaternaire)
 du Fossé Rhénan méridional et de ses bordures
 d'après les données de THEOBALD et al. (1977) et VOGT (1980)

Echelle 1/250000

PLANCHE 2

LEGENDE

- Faille normale
- Chevauchement
- Faille indifférenciée
- Gauchissement
- Aire de soulèvement
- Aire de subsidence
- Point d'observation (voir le texte)
- Localité comportant une ou plusieurs industries à haut risque

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
 SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
 Département Ingénierie Géotechnique Atelier Risque et Génie sismiques
 Domaine de Luminy Route Léon Lachamp 13009 Marseille
 Tél 91 41 24 46 Télécopie 91 41 15 10 Telex BRGM 401585 F

88 SGN 883 GEG

