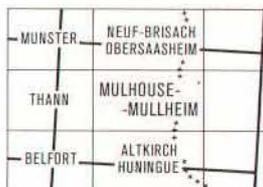




MULHOUSE- -MULLHEIM

La carte géologique à 1/50 000
MULHOUSE-MULLHEIM est recouverte par la coupure
MULHOUSE (N° 101)
de la carte géologique de la France à 1/80 000



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

BUREAU DE
RECHERCHES
GÉOLOGIQUES
ET MINIÈRES

MULHOUSE- -MULLHEIM

XXXVII-XXXVIII-20

Bassin Potassique

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE
BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Boîte postale 6009 — 45018 Orléans Cédex — France



NOTICE EXPLICATIVE

SOMMAIRE

	page
APERCU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE	2
INTRODUCTION	2
<i>CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE</i>	2
<i>PRÉSENTATION DE LA CARTE</i>	3
<i>HISTOIRE GÉOLOGIQUE</i>	3
DESCRIPTION DES TERRAINS	5
<i>TERRAINS PRIMAIRES ET SECONDAIRES</i>	5
<i>TERRAINS TERTIAIRES</i>	7
<i>TERRAINS QUATERNAIRES</i>	12
PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES	14
<i>GÉOLOGIE STRUCTURALE</i>	14
<i>ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE</i>	18
OCCUPATION DU SOL	19
<i>SOLS, VÉGÉTATION ET CULTURES</i>	19
<i>PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE</i>	19
<i>GÉOGRAPHIE HUMAINE</i>	20
RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS	21
<i>HYDROGÉOLOGIE</i>	21
<i>RESSOURCES MINÉRALES</i>	21
DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE	22
<i>SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES</i>	22
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	24
<i>DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES</i>	27
AUTEURS	27
ANNEXE : Coupes des principaux sondages et puits.	

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE D'ENSEMBLE

Situé en Alsace, le territoire couvert par la feuille Mulhouse est placé dans la plaine rhénane.

Plusieurs régions naturelles se différencient assez nettement par la morphologie, la géologie et l'habitat.

La partie centrale du bord méridional de la feuille est occupée par le *Sundgau*, reliefs dont les sommets culminants ne dépassent pas 350 mètres. Une épaisse couverture de loess masque à peu près le sous-sol formé de marnes, calcaires et grès oligocènes et atténue la morphologie.

Vers l'Ouest, et au-delà de l'entaille de l'III, les collines du Sundgau s'abaissent progressivement vers les reliefs longeant la vallée de la Doller dont la morphologie est encore atténuée par une épaisse couverture de loess.

C'est cette épaisse couverture de loess qui donne un certain cachet particulier à ce paysage ouvert, terre de cultures, parsemé de gros bourgs agricoles et qui fait partie de la région du Sundgau.

Le reste du territoire de la feuille est essentiellement occupé par les *cônes de déjection des rivières vosgiennes* à l'Ouest, par les *terrasses et la plaine alluviale du Rhin* à l'Est.

Par places, ces alluvions récentes sont recouvertes d'une mince couche de limons loessiques ; ainsi apparaissent des terroirs agricoles, au milieu de vastes surfaces boisées. La forêt de la Harth couvre ainsi une bande large de 5 à 8 km dans la moitié est de la feuille.

Au Nord de Mulhouse, le paysage naturel a été profondément modifié par les industries, notamment celles liées à l'exploitation des bassins potassiques.

La vallée majeure du Rhin, autrefois inondée lors des crues, a aussi perdu son aspect naturel à la suite des travaux de correction du Rhin entrepris par Toulon après 1840 et du creusement du grand canal d'Alsace, commencé en 1930 et poursuivi après 1945.

Au-delà du Rhin, la feuille couvre la *retombée occidentale des collines du Markgräflerland*, collines de loess et terres de cultures, occupées par des vignes.

Du vignoble couvre aussi l'angle nord-ouest du territoire de la feuille où les cônes de déjection d'alluvions anciennes s'adossent à des *collines* à sous-sol oligocène et même triasique.

INTRODUCTION

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE

Les levés géologiques ont profité largement des travaux cartographiques et de reconnaissance exécutés par B. Förster après 1890 et qui ont fait l'objet de nombreuses publications, notamment de celle des feuilles géologiques à 1/25 000 de Mulhouse-ouest et Mulhouse-est.

Les levés sur le terrain ont été repris par N. Théobald de 1930 à 1933, puis en 1940 et enfin de 1971 à 1973.

La carte couvrant une grande partie du bassin potassique, le sous-sol non affleurant en surface y est particulièrement bien connu. Aussi, a-t-il semblé intéressant d'en donner une idée en publiant des documents fournis par l'exploitation des mines de potasse, les sondages de recherche de potasse et de pétrole.

PRÉSENTATION DE LA CARTE

La feuille Mulhouse est en sa presque totalité dans le domaine du *fossé rhénan*.

Ce n'est que dans l'angle nord-ouest du côté vosgien, qu'apparaît l'extrémité du *champ de fractures de Guebwiller*. La faille rhénane, de direction S.SW—N.NE, passe en lisière ouest d'Hartmannswiller.

A l'angle sud-est, du côté badois, affleure le rebord occidental du *champ de fractures d'Istein*.

Tout le reste de la feuille appartient au fossé rhénan.

Dans ce dernier, apparaît un relèvement médian, le *horst de Mulhouse—Altkirch*, où affleurent des dépôts lacustres et saumâtres d'âge latorffien et des dépôts marins stampiens, découpés par un réseau orthogonal de failles, dont le tracé est masqué par une épaisse couverture de loess.

Son rebord est limité par une faille sub-méridienne contre le *fossé de Sierentz* à subsaissement oligocène peu épais et analogue à celui du horst de Mulhouse.

Son rebord ouest est limité par des failles de direction SW—NE contre le *fossé de Dannemarie* à dépôts oligocènes épais de plus de 2 à 3000 m mais sans sels de potasse.

Ce fossé s'ouvre largement au Nord-Est dans le *bassin de Wittelsheim* où sont exploités les gisements de sels de potasse. La structure de ce bassin est compliquée par des zones de relèvement diapyr, le dôme de Meyenheim notamment qui, orienté sud—nord dans le prolongement du horst de Mulhouse, sépare le bassin de Wittelsheim (à l'Ouest) du bassin de Buggingen (à l'Est).

Notons que la majeure partie du fossé rhénan, affectée de subsidence au cours du Quaternaire, est remplie d'alluvions superposées par ordre d'âge et dont l'épaisseur dépasse 200 m dans l'angle nord-est du territoire de la feuille.

HISTOIRE GÉOLOGIQUE

Les terrains les plus anciens rencontrés dans les sondages sont d'âge primaire. Ils affleurent à peu de distance du bord occidental de la feuille Mulhouse dans le massif vosgien. Les roches volcaniques, se trouvant à la base des rhyolites, ont pu être mises en place au Viséen. Mais c'est la phase saalienne qui nous fait assister à la mise en place définitive des structures hercyniennes.

Le démantèlement des reliefs hercyniens est accompagné d'une altération profonde dont les produits s'accumulent sous forme de grès et de schistes argileux rouges dans les dépressions. Leur comblement, joint à la dégradation des reliefs, aboutit après de longs millénaires à la pénéplanation du bouclier rhénan s'étendant des Vosges à la Forêt-Noire.

Discordante sur les roches primaires, la couverture gréseuse du Trias s'étale en progressant du Nord au Sud. Elle atteint la région vers — 220 millions d'années avec le dépôt des séries connues sous le nom de grès vosgien principal, couronnées d'un épisode conglomératique particulièrement important et continu, le conglomérat principal. La zone violette le surmontant est un sol fossile élaboré sous un climat chaud et humide à saisons alternes. Avec les couches intermédiaires et le grès à *Voltzia*, la sédimentation détritique devient de plus en plus fine ; la subsidence intervenant, ce milieu continental évolue vers un milieu deltaïque d'abord, littoral à vasières à plages marines ensuite.

Ainsi s'annonce la mer du Muschelkalk, transgressive du Nord-Est vers le Sud-Ouest, et qui s'installe franchement avec les grès coquilliers (t3).

Les marnes bariolées du Trias moyen marquent un retour vers le régime saumâtre. Tandis qu'avec les calcaires coquilliers, le régime marin franc se réinstalle. Mais il est à nouveau relayé par le régime saumâtre des marnes irisées du Keuper. Les grès rhétiens ont été identifiés dans plusieurs sondages profonds : 6 m à Hartmannswiller (Har 1 = BPR 5), 10 m à Schweighouse (Seg 2).

Ces grès annoncent les mers du Jurassique qui s'installent au Lias avec des bassins à sédimentation marno-calcaire ou marneuse. Elle devient à dominante zoogène et calcaire à partir de l'Aalénien et au cours du Bajocien. Mais la sédimentation marneuse domine à nouveau au cours du Bathonien, du Callovien et de l'Oxfordien inférieur. Enfin, on assiste au retour à la sédimentation calcaire dans des mers chaudes, hérissées de récifs, peu profondes, qui se retirent à la fin du Jurassique.

Aucun dépôt crétacé n'a été identifié dans la région. La période éocène a laissé des dépôts d'altération connus sous le nom de Sidérolithique et des calcaires lacustres. La distribution de ces dépôts, localisés dans les zones effondrées, indique le début de la mise en place du futur fossé rhénan.

La sédimentation différentielle permet de reconnaître le début de la mise en place du futur horst de Mulhouse—Altkirch à dépôts lacustres, bordant le fossé de Dannemarie et le bassin de Wittelsheim, ce dernier à dépôts lagunaires épais contenant des évaporites.

Issues de mers mésogéennes, les lagunes latorfiennes s'engagent dans un étroit chenal s'ouvrant du Sud au Nord entre les reliefs vosgiens à l'Ouest, ceux du Schwarzwald à l'Est. Tandis que les zones subsidentes centrales se remplissent de marnes qui alternent avec des évaporites, grâce à de fréquentes incursions marines ; les zones bordières reçoivent d'abondants apports terrigènes s'étalant le long des côtes sous forme de marnes gréseuses, de grès, de conglomérats dont la composition pétrographique reflète le démantèlement progressif de la couverture sédimentaire, en fonction même du relèvement progressif du massif vosgien.

Ce dernier subit un ralentissement relatif au Rupélien ; aussi la sédimentation argileuse s'étale largement sur l'ensemble du fossé. A ce moment, une communication s'établit des mers du Nord aux mers alpines.

Mais à partir du Chattien, à la suite d'un mouvement de bascule du bouclier rhénan, la communication avec les mers méditerranéennes est coupée et la mer se retire en direction nord, laissant quelques flaques lacustres temporaires.

Asséché à la fin des temps oligocènes, le fossé continue à se former. Les failles déjà amorcées au cours de l'Oligocène se mettent en place et les grandes lignes des structures actuelles s'ébauchent.

Un nouveau mouvement de bascule vers le Sud oriente le réseau hydrographique vers la dépression molassique suisse ; les sables à *Dinotherium* et à *Hipparion* du bassin de Charmoille sont d'âge pontien. Les reliefs du Jura alsacien s'étant mis en place, le cours de l'Aar s'écoule au Villafranchien inférieur par la dépression pré-jurassienne en direction de la vallée du Doubs. Le Rhin supérieur ayant rejoint l'Aar, le détournement de ce fleuve vers le Nord ayant eu lieu au Villafranchien moyen, le Rhin, alimenté par le régime périglaciaire et les apports des glaciers alpins, charrie d'énormes quantités d'alluvions qui se trouveront piégées dans le fossé rhénan dont la taphrogénèse se poursuit, accrue en fonction même du rajeunissement des reliefs des massifs bordiers. La distribution de ce remplissage quaternaire est influencée par les phénomènes de diapirisme, les zones de diapyles s'alignant du Sud au Nord et formant à peu près la limite entre les zones alimentées par des apports rhénans et celles où dominent les apports vosgiens.

Le plongement en direction nord des terrasses wurmiennes, bien visible dans le cadre des feuilles Altkirch et Mulhouse, montre que la mise en place des structures se poursuit encore à l'époque actuelle.

DESCRIPTION DES TERRAINS

En raison de l'importance de la couverture quaternaire et du nombre exceptionnel de sondages, les terrains sont souvent mieux connus par les coupes des sondages que par les affleurements. C'est pourquoi leur description sera faite par ordre chronologique en faisant appel tant à la documentation fournie par les sondages qu'aux observations recueillies aux affleurements.

TERRAINS PRIMAIRES ET SECONDAIRES

La série inférieure, jusqu'à t₆ compris affleure dans l'angle nord-ouest de la feuille et dans les zones voisines du champ de fractures de Guebwiller.

r. **Permien. Grès et argiles rouges.** Sondage de Soultz (Sou 1) : arrêté dans le Permien après avoir recoupé 16 m de grès et de rhyolites, ces dernières pouvant être du Viséen.

Le sondage de Knoeringue (feuille Altkirch) l'a traversé sur 609 m avant d'atteindre le granite à 2148,8 m de profondeur.

t₁₋₂. **Trias inférieur** (80 m dans le sondage Sou 1). Affleure dans l'angle nord-ouest du territoire de la feuille au Sud de Jungholtz où l'on peut observer :

t_{1b}, le grès vosgien principal : 10 à 20 m de grès grossiers de teinte rose,

t_{1c}, le conglomérat : 10 m de poudingue fortement silicifié,

t_{2a}, les couches intermédiaires : 40 m de grès rouge-brun à nodules de manganèse,

t_{2b}, les grès à *Voltzia* : 10 m = 8 m de grès fins massifs surmontés de 2 m de grès argileux.

t₃ - t₆. **Trias moyen** (171 m dans le sondage Sou 1) comprenant :

t₃. *Muschelkalk inférieur* : 31 m de grès micacés gris clair surmontés de dolomies à *Myophoria orbicularis*.

t₄. *Muschelkalk moyen* : 54 m de marnes et dolomies renfermant des gisements de sel et d'anhydrite que l'on peut subdiviser en couches rouges, couches grises et couches blanches, ces dernières représentées surtout par des dolomies cellulaires.

En raison de l'absence ou de la présence des évaporites, l'épaisseur peut osciller entre 50 et 80 mètres.

t₅. *Muschelkalk supérieur* : 50 m de calcaires coquilliers où l'on peut distinguer :

- à la base les couches à entroques en gros bancs,
- au sommet, les couches à Cératites en bancs minces séparés par des niveaux marneux.

t₆. *Lettenkohle* : 10-15 m de dolomies et de marnes.

t₇₋₉. **Keuper. Marnes irisées du Trias supérieur** (122 m au sondage Sou 1, 154 m à Wittenheim), marnes et dolomies se subdivisant en :

t₇. *Keuper inférieur* : 70 m environ de marnes à sel gemme et à gypse,

t₈. *Keuper moyen* : 20 m de grès argileux, marnes irisées et dolomie-moellon,

t₉. *Keuper supérieur* : 30 m environ de marnes rouges à gypse et de marnes vertes dolomitiques.

Les variations d'épaisseur sont liées à la présence ou à l'absence des évaporites.

t₁₀. **Rhétien** : 6 m de grès argileux gris et d'argiles vertes (sondage Sou 1).

Lias : 200 m au sondage Sou 1, 205 m à Staffelfelden 9, 212 m à Wittenheim.

Hettangien-Sinémurien inférieur : 10 m de calcaires à Gryphées.

Sinémurien supérieur-Pliensbachien : 45 à 50 m de marnes et marno-calcaires où l'on reconnaît :

- les marnes feuilletées du Lotharingien
- le calcaire ocreux et les calcaires à Bélemnites
- les marnes à Amalthées.

Toarcien—Aalénien (140 m environ au sondage Sou 1, 134 m au sondage de Staffelfelden 9) où l'on reconnaît :

- 10-15 m de schistes bitumineux
- 25-30 m de marnes à *Lytoceras jurensis*
- 40 m de marnes à *Astarte voltzi*
- 40 m de couches à Opalinum
- 20 m de grès calcaires (couches à Murchisonae) surmontés de calcaires argileux (couches à Concavum).

Notons que les faciès et les épaisseurs des différents termes du Lias sont tout à fait comparables à ce que l'on observe en surface en Haute-Saône et dans le Territoire de Belfort (voir N. Théobald, 1967, p. 9).

Jurassique moyen. Couches allant du Bajocien inférieur au Callovien calcaire inclus. Traversées sur 217 m dans le sondage de Wittenheim, sur 211 m dans le sondage de Schweighouse 2.

Cet ensemble est bien connu à l'affleurement dans les régions voisines (champ de fractures de Guebwiller, Lauw, Jura de Ferrette, Bade). On y reconnaît :

— **Bajocien inférieur** : 30-40 m de marnes compactes et calcaires gréseux comprenant les couches à Discites, les couches à Sowerbyi et les couches à Sauzei.

— **Bajocien moyen** : 25-30 m de calcaires argileux et marnes correspondant aux couches à Humphriesi, à Giganteum et à Blagdeni.

— **Bajocien supérieur** : lumachelle à *Ostrea acuminata* et 80-100 m de calcaires oolithiques en gros bancs.

La Grande Oolithe, réservoir à pétrole dans la structure de Staffelfelden et à Bollwiller a été testée dans de nombreux sondages et recoupée sur 150 m à Hirtzbach (feuille Altkirch), 137 m à Illfurth (feuille Altkirch), 121 m à Schweighouse, 119 m à Wittenheim, 122 m à Soultz 1, 73 m à Staffelfelden 9 (réduction tectonique).

— **Bathonien** : 20 m de marno-calcaires essentiellement représentés par les marnes à Rhynchonelles (couches à Varians), recoupées sur 18 m à Hochstatt I, 33 m à Zimmersheim.

— **Callovien calcaire** : ensemble de marnes gris foncé et de calcaire gris clair à Brachiopodes, d'épaisseur variable, traversés sur 24 m à Zimmersheim, 17 m à Rixheim, 18 m à Schweighouse, 11 m à Reiningue 2.

Jurassique supérieur. Dans les sondages profonds, ont été relevées les couches appartenant à l'Oxfordien essentiellement et représentant :

— le Callovo-Oxfordien marneux : environ 40 m de marnes à *Creniceras renggeri*.

— le terrain à chailles : environ 25 à 30 mètres.

— les marnes à *Cardioceras cordatum* : 10-15 mètres.

— le faciès argovo-rauracien :

• 15 à 20 m de marnes à *Peltoceras transversarium*,

• 10 à 20 m de marno-calcaires,

• 30 à 40 m de calcaires à Polypiers et de calcaires crayeux de faciès rauracien^(*).

— le faciès séquanien : 110 à 130 m de calcaires gris, compacts ou oolithiques, parfois à Nérinées et à Polypiers et renfermant les marnes à Astartes.

Le Kimméridgien n'a pas été identifié dans les sondages du Haut-Rhin.

Dans le domaine de la feuille Mulhouse, le Tertiaire repose sur :

• l'Oxfordien marneux à Soultz I (cote — 1549 m), à Bollwiller (— 1460 m), à Staffelfelden 1 (Staf. 1) (— 1528 m), à Staf. 2 (— 1525 m), à Staf. 3 (— 1526 m), à Staf. 4 (— 1519 m), à Staf. 6 (— 1499 m), à Wittelsheim 1 (— 1605 m) ;

(*) Notons qu'à Reiningue le toit du Rauracien a fourni 165 tonnes d'huile.

- l'Argovien à Wittenheim (— 1430 m) ;
- le Rauracien à Zimmersheim (— 128 m), à Rixheim 1 (— 204 m), à Hochstatt 1 (— 90 m), à Reiningue 1 (— 1136 m), etc. (voir N. Théobald, 1967).

TERRAINS TERTIAIRES

Éocène

Entre la zone salifère inférieure et les terrains jurassiques, les sondages ont recoupé des épaisseurs variables (0 à 115 m) de terrains divers qui ont été classés Éocène ou Éocène supérieur—Sannoisien.

Le sondage de Reiningue 2 (Prepa), $z = + 267$, signale :

- de 1237,5 m à 1375 m : marnes grises à gris-noir avec mouches d'anhydrite = marnes à Lymnées,
- de 1375 m à 1411 m : marnes rouges à brun-rouge avec passées de calcaire brun-noir,
- de 1411 m à 1423,75 m : calcaire conglomératique passant à un conglomérat à éléments calcaires et à ciment marneux.

Le sondage de Rein. 1 (Prepa), $z = + 269$, signale de 1377 m à 1405 m : marne brun-rouge, grise, brun-violet avec intercalations.

Le sondage de Sausheim (Prepa), $z = + 227$, signale :

- de 1069 m à 1247 m : marnes et marno-calcaires : marnes à Lymnées, calcaire brun et marne gris verdâtre,
- de 1247 m à 1344 m : calcaire brun, fines intercalations de marne grise, calcaire bitumineux et calcaire dolomitique = Éocène inférieur,
- de 1344 m à 1356 m : marnes = Éocène sidérolithique.

Le sondage de Schweighouse 1 (Prepa), $z = + 274$, signale :

- de 1302 m à 1440 m : marnes à Lymnées
- de 1440 m à 1473 m : marnes rouges = Éocène rouge
- de 1473 m à 1491 m : des conglomérats et marnes à galets calcaires = Éocène conglomératique.

Le sondage de Schweighouse 2 (Prepa), $z = + 279$, signale :

- de 1304 m à 1432 m : marnes à Lymnées,
- de 1432 m à 1462 m : marnes rouges,
- de 1462 à 1478 m : calcaire conglomératique.

Sondage de Staffelfelden 1 (Prepa) : 72 m d'Éocène.

Sondage de Staffelfelden 2 (Prepa) : 92 m d'Éocène.

Wittelsheim 1 (Prepa) signale l'Éocène entre 1771 m et 1876 m.

Wittenheim (Prepa) signale l'Éocène entre 1567 m et 1675 m.

Wittisheim (Prepa) signale l'Éocène entre 1050 m et 1080 m.

Le sondage de Zimmersheim (Prepa ; $z = + 258$), implanté sur le horst de Mulhouse signale :

- de 315 m à 332 m : marnes rouges puis vertes
- de 332 m à 346 m : alternance de marne et de calcaire (graines de *Chara*)
- de 346 m à 383 m : calcaires éocènes (graines de *Chara*)
- de 383 m à 386 m : marnes.

Remarque. Les marnes et calcaires sus-jacents sont à considérer comme l'équivalent latéral de la zone salifère inférieure.

Il est très difficile de fournir des indications précises sur les dépôts éocènes et leur signification paléogéographique. Le faciès sidérolithique semble incontestablement d'âge éocène. Il peut être même attribué à l'Éocène inférieur, car on sait que, dans la région de Montbéliard, il est recouvert par des calcaires lacustres à *Planorbis pseudoammonius* considérés comme étant d'âge lutétien.

En bordure du fossé rhénan, les faciès sidérolithiques peuvent se trouver à l'état remanié dans les conglomérats latorfiens. Mais il est peu probable qu'à l'intérieur du fossé rhénan, où la sédimentation a sans doute été plus ou moins continue du Lutétien au Chattien, de l'Éocène sidérolithique se trouve en seconde position.

Presque tous les sondages signalent des dépôts sidérolithiques, des marnes rouges ou brun-rouge que l'on peut donc attribuer à l'Éocène et fort probablement considérer comme étant d'âge éocène inférieur. Les calcaires à *Chara* et marnes à Limnées cités dans certains sondages sont probablement aussi d'âge lutétien.

Quant aux formations sus-jacentes : marnes vertes à gypse dans lesquelles s'interstratifient les calcaires à Mélanies, elles sont à considérer comme représentant la zone salifère inférieure du bassin potassique (voir plus loin).

Oligocène

Ø7-g_{1a}, Ø7-g_{1b}. Zone salifère inférieure et calcaires à Mélanies. Nous ne discuterons pas la chronostratigraphie de cet ensemble rangé, soit dans l'Éocène supérieur à la suite de certaines considérations sur la faune de Mammifères, soit à la base du Latorfien si l'on tient compte des Mollusques (Förster, 1892 ; Rey, 1968). Toutefois, tous les auteurs s'accordent pour placer les couches sus-jacentes, la zone salifère moyenne débutant avec la zone fossilifère et son équivalent latéral les calcaires en plaquettes, dans le Latorfien.

Ø7-g_{1a}, Ø7-g_{1b}. Marnes vertes et bleues à gypse, Calcaire à Mélanies du horst de Mulhouse. A l'affleurement, le calcaire à Mélanies a été exploité autrefois en de nombreux points entre Hochstatt, Brunstatt, Mulhouse et Rixheim, ainsi que sur la rive badoise (28 m dans le sondage de Rixheim 1).

Calcaire gris clair à gris foncé, compact à cassure esquilleuse, dégageant une odeur bitumineuse sous le choc, grenu ou terreux, contenant des géodes de calcite. Intercalation de marnes vertes ou jaunes, parfois sableuses, de marnes ligniteuses et traces de gypse. Calcaire souvent durci par de la silice qui, par endroits, s'est concentrée en nodules (ex. : Riedisheim, Bruebach).

Nombreux fossiles : *Melania albigensis* Noul., *Melania muricata* S. Wood (vers le haut), *Planorbis courpoilensis* Carex, *Limnaea fusiformis* Sow., *L. foersteri* Rollier, *L. subpolita* Andr., *Hydrobia indifferens* Sandb., *Valvata carcinata* Mer. etc. Mammifères (d'après Stehlin) : *Palaeotherium magnum* Cuv., *P. muhlbergi* Stehl., *Plagiolophus minor* Cuv., *Anoplotherium laurillardii* Stehl., *Xiphodon gracile* Cuv. Nombreux fragments de *Testudo laurae* Förster et Becker. Restes de plantes.

Épaisseur : exploité autrefois sur une hauteur de 20 m à Brunnstatt et à Rixheim. Recoupé dans les sondages du Rebberg (67 m), du Jardin zoologique (62 m).

Le sondage de Zimmersheim (Prepa) a recoupé sous les calcaires en plaquettes de la zone fossilifère :

- de 96 m à 153 m = calcaire plus ou moins compact à Mélanies,
- de 153 m à 156 m = marne grise,
- de 156 m à 160 m = calcaire cristallin beige,
- de 160 m à 170 m = alternance de marne grise et de calcaire beige,
- de 170 m à 254 m = calcaire beige clair, crayeux, alternant avec des marnes grises, gris foncé et vertes.

Il s'agit incontestablement d'une formation d'eau douce où l'on note des influences saumâtres (traces de gypse).

Z_{Si}. Zone salifère inférieure du Bassin potassique. Formée d'une alternance de marnes grises, gris-vert, vertes, gris-noir et gris-brun, d'anhydrite et de sel gemme massif avec quelques intercalations de calcaire gris-brun à cassure esquilleuse et avec des passées conglomératiques par places, au sommet marnes dolomitiques avec niveaux d'eau douce à Limnées et restes végétaux, cette formation a été recoupée :

- au sondage de Wittelsheim (Prepa) entre 1145 et 1771 m,
- au sondage de Staffelfelden 2 entre 1143 et 1688 m,
- au sondage de Staffelfelden 1 entre 1092 et 1704 m,
- au sondage de Soultz entre 916 et 1666 m,
- au sondage de Schweighouse entre 802 et 1304 m,
- au sondage de Reiningue 1 entre 788 et 1108 m.

Épaisseur moyenne variant entre 620 et 750 mètres.

Le sondage de Hombourg (DP III) a recoupé la zone salifère inférieure sans sel, composée de marnes et de calcaires gris, tandis qu'au sondage de Schoenensteinbach (DP II), la zone salifère inférieure, recoupée entre 773 et 1651 m, renfermait 279 m de sel.

Paléontologie : *Nystia polita* F. Edw., *Melania albigensis* Noulet, *Limnea marginata* Sandb. Plantes.

Équivalent des marnes vertes à gypse et du calcaire à Mélanies affleurant dans le horst de Mulhouse.

Z_{Sm}, e7-g1c. Zone salifère moyenne et marnes en plaquettes

Z_{Sm}. Ensemble de marnes avec anhydrite, de sel gemme et passées conglomératiques. Marnes parfois bitumineuses, pyriteuses, de teinte gris-brun à gris-vert, rayées, de teintes grises et brunes avec fossiles divers (= zone fossilifère marine à saumâtre) :

- Mollusques : *Cyrena semistriata* Desh., *Mytilus socialis* A. Braun, *Nystia chasteli* Nyst., *Nystia pupiniformis* Sand., *Hydrobia subulata* Desh., *H. sandbergeri* Desh.

- Crustacés : *Cytheridea mulleri* Roem., *Eosphaeroma margarum* Desm., *Gammarus retzi* Maikowsky.

- Poissons : *Prolebias praecursor* Weiler, *Paralates bleicheri* Sauv.

Cette faune témoigne des influences marines.

Épaisseur : 250 à 350 mètres.

Recoupé entre 721 et 967 m au sondage de Hartmannswiller 1, entre 494 et 782 m au sondage de Reiningue 1, entre 504 et 864 m au sondage de Schweighouse 1, entre 502 et 802 m au sondage de Schweighouse 2, entre 631 et 916 m au sondage de Soultz 1.

e7-g1c. *Marnes en plaquettes (Plattiger Steinmergel)*. Elles affleurent dans le horst de Mulhouse. Alternance de marnes et de calcaires en bancs souvent minces, se divisant en feuilletés.

Dans la carrière de la chapelle de Brunnstatt (ancien gisement fossilifère célèbre par sa richesse en Plantes, Insectes, Poissons), ces marnes en plaquettes sont légèrement discordantes sur le calcaire à Mélanies.

- Nombreuses Plantes : *Glyptostrobus europaeus* Heer, *Myrica salicina* Unger, *Daphnogene ungeri* Heer, *Proteoides longissima* Sap., *Cotoneaster obscurata* Sap.

- Poissons : *Prolebias praecursor* Weiler, *Paralates bleicheri* Sauv.

- Mollusques et Crustacés identiques à ceux de la zone salifère moyenne.

- Bryozoaires.

- Insectes nombreux dénotant un climat chaud à affinités subtropicales.

Épaisseur : 4 à 80 mètres.

Le sondage de Zimmersheim 1 (Prepa, 1956) a recoupé entre 12 et 95 m une alternance de marnes grises, plus ou moins gypseuses à partir de 25 m, et de calcaires en plaquettes (Hydrobies de 12 à 20 m). Ceci confirme que les marnes à gypse de Zimmersheim sont intimement liées aux marnes en plaquettes qui les surmontent.

Remarque. A partir de 95 m, le même sondage (Prepa) a recoupé les calcaires à Mélanies et les marnes ; mais un ancien sondage, analysé par Förster (1905) et implanté près de la carrière de gypse, a recoupé :

- des marnes à gypse jusqu'à 85 m et des marnes en plaquettes (de 60 à 100 m),
- des calcaires d'eau douce (identifiés aux calcaires à Mélanies par Förster de 100 à 180 mètres,
- des marnes argileuses, sableuses, avec gypse de 180 à 240 mètres.

Il en résulte que si les gypses de Zimmersheim sont liés aux marnes en plaquettes, le dépôt d'évaporites, en particulier de gypse, semble avoir été plus ou moins continu depuis les marnes vertes et bleues à gypse jusqu'aux marnes en plaquettes.

Comme à la chapelle de Brunstatt, ces marnes à gypse n'existent pas entre les calcaires à Mélanies et les marnes en plaquettes, et qu'on y relève une légère discordance, il faut en conclure que le horst de Mulhouse était, dès cette époque, le siège de légères déformations.

Z_{ss}, e7-g1d. **Zone salifère supérieure et Hausteïn**

Z_{ss}. Marnes multicolores et marnes rayées avec sel gemme, gypse et anhydrite renfermant à la base les couches de potasse : deux couches de sylvinite, séparées par environ 20 m de marnes bitumineuses et situées à environ 30 m au-dessus des marnes en plaquettes de la zone fossilifère, ayant servi de niveau-repère dans les sondages de recherche de potasse.

Épaisseur moyenne des couches de sylvinite :

- 1,24 m pour la couche supérieure,
- 3,60 m pour la couche inférieure (pouvant atteindre 5 m).

Teneur moyenne en K₂O :

- 21,77 % (couche supérieure),
- 16,62 % (couche inférieure).

Paléontologie :

• Végétaux : *Chara* sp., *Glyptostrobus europaeus* Heer, *Sequoia langsdorfi* Heer, *Callitris brongniarti* Endl., *Phragmites oeningensis* A. Br.

• Foraminifères : *Pseudotruncatulina dutemplei* d'Orb.

• Gastéropodes : *Limnaea* sp., *Planorbis* sp.

• Crustacés : *Eosphaeroma margarum* Desm.

• Insectes : Une faune riche de plus de 700 échantillons, formée surtout d'Hyménoptères (Formicidés), Diptères (Chironomidés), d'Hémiptères et de Coléoptères, a été recueillie dans une intercalation argileuse de la couche inférieure de potasse (Quiévreux).

Épaisseur : 5 à 600 mètres. Ces niveaux ont été recoupés entre 219 et 721 m dans le sondage de Hartmannswiller, entre 35 et 498 m dans le sondage de Reiningue 2, entre 40 et 495 m dans le sondage de Reiningue 1, entre 170 et 631 m dans le sondage de Soultz 1, entre 263 et 810 m dans le sondage de Staffelfelden 9.

Dans les puits, l'épaisseur varie entre 325 m (puits Max) et 542 m (puits Théodore). Certains sondages ont recoupé du sel diapyrique. Tel celui d'Oberbergheim 1 (Prepa) entre 200 et 2160 mètres.

e7-g1d. **Calcaires, marnes et grès du Hausteïn.** Comme l'ont montré les sondages d'Hirtzbach et l'exploitation de la carrière du Reberg au Nord d'Altkirch, cette formation s'intercale entre les marnes en plaquettes à la base et les marnes à Foraminifères au sommet ; elle est donc l'équivalent latéral de la zone salifère supérieure.

Épaisse de 90 m au maximum (sondages d'Hirtzbach), l'intercalation d'un repère rouge de marnes bariolées, épais de 3 à 4 m et placé vers 40 m du sommet permet de subdiviser le complexe en :

- une série inférieure, épaisse de 50 m, formée de marnes, grès marneux, grès calcaires plus ou moins conglomératiques et de calcaires,
- un repère rouge formé de 2 à 4 m de marne sableuse rouge-brique,
- une série supérieure, épaisse de 40 m, formée de marnes bariolées sableuses, sans fossiles.

La série inférieure, formée de grès calcaire, affleure aux environs de Bruebach.

Mieux que toute autre formation, la série du Hausteïn souligne l'individualisation du horst de Mulhouse au cours de l'Oligocène inférieur. Tandis que le Bassin potassique est couvert de lagunes où s'accumulent des couches à évaporites dépassant

500 m, le horst de Mulhouse forme une zone surélevée où se déposent environ 90 m de sédiments lacustres organogènes et détritiques.

Dans son ensemble, le Lattorfien (Oligocène inférieur) atteint des épaisseurs de l'ordre de 1500 à 1600 m dans le Bassin potassique (1486 m à Soultz, 1505 m à Hartmannswiller, 1607 m à Staffelfelden I, 1431 m à Schweighouse 1). Dans le Sundgau, les couches correspondantes sont réduites à 242 m à Heimersdorf, 368 m à Hirtzbach. La subsidence est donc plus faible dans le horst de Mulhouse que dans le Bassin potassique.

Au cours de la période suivante, Rupélien—« Chattien », les faciès sont assez uniformes et la subsidence tend à s'égaliser sur l'ensemble de la région.

Remarque. — *Conglomérats côtiers.* Sur les bords du fossé rhénan, des dépôts détritiques grossiers sont désignés sous le nom de conglomérats côtiers. Du côté alsacien, ils affleurent notamment dans l'angle nord-ouest du territoire de la feuille, dans la région de Wuenheim et d'Hartmannswiller.

g2. **Rupélien.** Dans cet ensemble, appelé encore série grise, on peut distinguer de bas en haut, les faciès suivants :

- marnes à Foraminifères atteignant 23 m à Bollwiller, 10 m à Wittisheim 1,
 - schistes à Amphisilés atteignant 20 m à Bollwiller, 11 m à Wittisheim 1,
 - couches à Mélettes
 - marnes à Cyrènes
- } atteignant 440 m à Wittisheim.

Cete série grise n'affleure dans le domaine de la feuille Mulhouse que sur les rives du Rhin.

g2a. **Marnes à Foraminifères** (19 m à Har. 1). Marnes pyriteuses, compactes ou tendres, brun-chocolat à la base, grises vers le haut. Riches en Foraminifères : *Ammobaculites humboldti* Rss, *Cyclammmina acutidorsata* Hauth, *Cornuspira involvens* Rss, *Quinqueloculina triangularis* d'Orb., *Bolivina beyrichi* Rss, *Pseudotruncatulina dutemplei* d'Orb., *Rotalia (Giroidina) soldani* d'Orb. Restes de Mollusques et d'Oursins.

g2b. **Schistes à Poissons** (11 à 15 m ; 15 m à Har 1). Schistes papyracés, bitumineux, renfermant en abondance des Poissons du genre *Aeliscus* (= Amphisile) d'où encore le terme ancien de « schistes à Amphisiles », ainsi que de diverses autres formes : *Clupea longimana* Heckel, et des fanoncules de *Certorhinus parvus* Leriche.

g2c. **Marnes schistoïdes à Mélettes.** Environ 300 m de marnes schistoïdes, micacées, bitumineuses à la base avec concrétions calcaires (*septaria*) et intercalations de grès calcaires, devenant plus gréseuses vers le haut. Teinte gris-bleu, gris brunâtre, gris noirâtre. Écailles de Poissons. Restes de Plantes : *Laurus* sp., *Populus* sp., *Cinnamomum lanceolatum* Heer, *C. polymorphum* Heer, etc.

g2d. **Marnes à Cyrènes inférieures.** Environ 100 m de marnes sableuses, micacées, parfois schisteuses, de teinte gris-bleu, grise ou gris verdâtre, ressemblant beaucoup aux marnes à Mélettes, dont il est très difficile de les séparer.

En se chargeant de grès calcaires en miches et en prenant des teintes gris brunâtre et gris-jaune, elles passent progressivement à la molasse alsacienne.

g2e. **Couches à *Ostrea cyathula*.** Par endroits, l'intercalation d'un niveau marneux à *Ostrea cyathula* Lam. permet de distinguer une série inférieure à dominance marneuse et une série supérieure à dominance sableuse et gréseuse, représentant la molasse alsacienne.

Fossiles : Foraminifères et Lamellibranches.

Nucula piligera Sandb., *Leda gracilis* Desh., *Cardium saulini* Hebert, *Cyrena semistriata* Desh., *C. brogniarti* Bart., *Cytherea subarata* Sandb., *Tellina nysti* Desh., *Psammobia meyeri* Andr., *Ostrea cyathula* Lam., etc.

g3. Série bariolée

g3a. *Molasse alsacienne*. Marnes sableuses, sables et grès calcaires en bancs ou en miches de teinte gris-bleu, grise et jaunâtre.

Traces de végétaux : *Cinnamomum polymorphum* Heer, *C. scheuchzeri* Heer.

La molasse alsacienne a été cartographiée à l'Ouest de Habsheim et dans la butte d'Istein. En raison de la couverture loessique, la séparation avec les marnes à Cyrènes sous-jacentes n'a pas pu être faite.

g3b. *Marnes bariolées, calcaire lacustre* [602 m dans certains sondages (Ungersheim III), 145 m à Wittenheim 1 (BPR 3)]. Marnes bigarrées, gréseuses, friables et grès calcaires micacés de teinte grise, brune, jaune, verte ou rose. Quelques bancs calcaires.

Plantes et Gastéropodes lacustres : *Helix ramondi* Brongn., *Helix rugulosa* v. Mart., *Planorbis bouillienis* Font., *Potamides* cf. *plicatus* Brong.

Cet épisode saumâtre, puis limnique marque la fin du remplissage oligocène du Bassin potassique.

A partir du dépôt de la molasse alsacienne, les faciès marins se retirent vers le Nord et les zones de sédimentation se déplacent aussi dans le même sens.

TERRAINS QUATERNAIRES

Les terrains quaternaires couvrent la presque totalité de la surface de la feuille Mulhouse. En raison de leur épaisseur et de leur diversité, leur étude est du plus haut intérêt.

F. **Alluvions anciennes indifférenciées, d'âge indéterminé.** S'étalent en nappes de piedmont en bordure des reliefs vosgiens à l'Ouest de Bertschwiller, dans les environs de Hartmannswiller et Wuenheim.

Galets de taille parfois considérable, graviers et sables issus du grès vosgien, à teinte dominante rouge. Les galets sont en état d'altération avancée.

FyL. **Faible couverture de limons loessiques sur la basse terrasse.** Loess ou limons étalés par solifluxion.

FyV. **Alluvions anciennes de la basse terrasse, d'origine vosgienne.** Würm. Nappe d'alluvions sans couverture de loess, dominant à peine la zone inondable des vallées vosgiennes de la Doller, de la Thur et du ruisseau de Jungholtz et représentant les cônes de déjection de ces rivières.

FyR. **Alluvions anciennes de la basse terrasse, d'origine rhénane.** Würm. Nappe d'alluvions formée de galets, graviers et sables rhénans, parfois cimentés en conglomérats, dominant la vallée majeure du Rhin. La surface est découpée en plusieurs niveaux par des talus d'érosion. Le bord interne domine la vallée majeure de 3 m à Niffer, de 2 m à Rumersheim, tandis que l'altitude relative du centre de la nappe est de + 10 m entre Niffer et Habsheim, de + 5 m à Munchhouse. D'une façon générale, la surface de la nappe alluviale accuse une pente de 1,4 % en direction nord, tandis que celle de la plaine alluviale actuelle n'est que de 1,2 %. De la sorte, la basse terrasse se rapproche progressivement de la plaine alluviale du Rhin.

En fait, les alluvions du Würm recouvrent des alluvions plus anciennes. Cela est surtout le cas au Nord de la latitude de Mulhouse.

Grâce aux nombreux sondages, l'épaisseur des alluvions est connue avec assez de précision pour permettre de dresser la carte des couches isopaches.

On constate ainsi que des environs de Mulhouse à la région de Geiswasser, l'épaisseur des alluvions passe de 50 à 240 mètres. Le fond de cette nappe d'alluvions est très irrégulier. Il faut en particulier noter l'existence de bandes sub-méridiennes à grandes épaisseurs : l'une suivant la vallée de l'III, l'autre longeant le bord ouest du Rhin. Elles sont séparées par une bande à faible épaisseur d'alluvions à l'aplomb des dômes diapyrs de Hettenschlag et de Meyenheim.

L'étude des alluvions des sondages exécutés de 1930 à 1933, et dont nous avons pu voir les échantillons conservés par les mines domaniales de potasse, a montré que les alluvions non altérées d'âge würm reposent sur des alluvions dont l'altération augmente avec la profondeur. C'est le cas notamment des sondages de Geiswasser et de Heiteren. Vers la base, les graviers et sables se mélangent à des argiles jaunes ou grises.

Le sondage de Sausheim 2 a recoupé 50 m d'alluvions, puis 57 m de limons avant d'atteindre le sous-sol tertiaire.

Nous avons relevé 21 m de lehm sableux recouverts de 86 m de sables et graviers dans le sondage d'Ensisheim V, 37 m de lehm sableux dans celui de Kingersheim I, 34,50 m de lehm sableux dans celui de Kingersheim II, 34,60 m de lehm sableux dans celui de Lutterbach II.

Ce mélange de limons et de sables est sans doute dû au remaniement du sous-sol oligocène par les alluvions.

Remarque — Nous avons toujours été surpris de ne pas trouver, à la base des graviers et galets, des sables blanchis tels qu'on les connaît dans le Pliocène de la région, notamment en bordure des Vosges aux environs de Lauw. Leur absence s'explique par le fait que jusqu'au Villafranchien inférieur (dépôt des cailloutis du Sundgau) le drainage s'est fait en direction sud et sud-ouest vers la Porte de Bourgogne. Ce n'est qu'au Villafranchien supérieur (Günz) que les alluvions rhénanes se sont déversées dans le fossé rhénan à l'emplacement du Bassin potassique.

FZ. Alluvions holocènes. Galets, graviers et sables d'origine vosgienne ou rhénane, en parfait état de conservation, où l'on peut identifier certaines roches incontestablement d'origine vosgienne (granites des Ballons, porphyres du Rothutel, poudingues et grès du Trias) ou d'origine alpine (radiolarites, granites d'Albula, protogine des Alpes, grès du flysch, phonolites de Getzau, grès de Taveyanaz). Sur la rive droite du Rhin, les éléments schwarzwaldiens se mélangent aux roches alpines, tels sont les granites, gneiss et rhyolites de la Forêt-Noire.

FZL. Couverture de limons de ruissellement sur sables et graviers actuels. Les alluvions de la basse terrasse sont souvent masquées par des limons de débordement qui se sont déposés aux époques antérieures à la régularisation du Rhin (1840), lorsqu'aux époques de crues, le Rhin inondait encore la vallée majeure.

On en trouve aussi le long des vallées vosgiennes.

CJ. Colluvions des vallées latérales, cônes de déjection. Les vallées issues du Sundgau sont drainées par des ruisseaux minuscules s'asséchant parfois durant la belle saison et disparaissant rapidement dès qu'ils atteignent la basse terrasse.

Leur fond est tapissé de colluvions issus des loess et s'accumulant sur des épaisseurs pouvant atteindre 10 mètres.

Ce remplissage débutant au Tardi-glaciaire s'est poursuivi durant l'Holocène.

OE. Loess et loess-lehms récents et anciens. Limons jaune clair, au toucher farineux et pulvérulent, renfermant à l'origine jusqu'à 50 % de calcaire et riches en argiles ; ensemble poreux et perméable à l'eau. Sans stratification apparente, se débitant en blocs selon des plans plus ou moins verticaux et formant des abrupts pérennes. Nombreuses tubulures blanchâtres et restes de coquilles de Gastéropodes terrestres (*Helix*, *Succinea*, *Pupa*), de Vertébrés (Mammouth, Rhinocéros laineux, Renne).

Les lehms représentent les produits d'altération du loess, résultant notamment de sa décalcification. Le lehm est imperméable et de teinte plus foncée, brunâtre le plus souvent. Le calcaire se concentre sous forme de concrétions (poupées de loess).

En raison de leur granulométrie (pourcentage maximum des particules comprises entre 0,01 et 0,05 mm, aucun élément ne dépassant 2 mm), les loess sont incontestablement d'origine éolienne.

La répartition est très significative ; les épaisseurs maxima se situent sur les versants exposés au Nord-Est, ceux situés à l'abri des vents dominants venus du Sud-Ouest.

Les loess se présentent en plusieurs séries superposées, séparées par des lehms et

parfois par des sols fossiles. Les carrières de loess de Riedisheim ont permis d'observer, sur un front de taille de 20 m, plusieurs séries de loess et de lehm (état de 1931).

A la base de la carrière, et un peu en contrebas du niveau de la basse terrasse rhénane, affleuraient des graviers à éléments alpins très altérés, faisant partie d'une terrasse d'âge mindel. Au-dessus, on exploitait de la terre à briques formée de limons soliflués et représentant des lehms anciens. Plus haut, se suivaient quatre séries de loess et loess-lehm, des niveaux de poupées étant placés à la base des lehms. Faune de Gastéropodes terrestres dans les loess. Dents de Mammouth dans la série du bas. Les quatre séries de loess sont considérées comme étant d'âge würm ; ce sont des loess récents. Les limons de la base proviennent de la solifluxion de lehms anciens.

On admet que les loess se sont déposés sous un climat sec et froid sur les steppes qui ont pu exister dans nos régions aux époques froides ou glaciaires d'âge quaternaire. L'altération en lehm décèle un climat plus chaud, datant des périodes interglaciaires ou interstadières.

Il peut donc exister des loess d'âge würm (loess récents), d'autres d'âge riss (loess anciens), d'autres d'âge mindel, günz et même villafranchien. Ces loess sont en général superposés, mais de façon très irrégulière. Il en résulte que cette distinction ne peut être faite que très localement et en fonction de l'existence d'affleurements favorables. Il a donc paru impossible de les représenter sur la carte de façon valable.

Néanmoins, on peut dire que les loess se trouvant dans le domaine de la basse terrasse sont tous des loess récents, la plupart étant d'âge würm IV. Dans le Sundgau, on trouve la série complète des loess wurmiens, reposant sur des loess anciens.

Enfin, il faut noter que les loess se prêtent facilement à la solifluxion et au ruissellement. Les vallées sundgoviennes sont encombrées de loess soliflués. Les versants sont souvent masqués sous un dépôt de loess remaniés. Sous le régime périglaciaire des temps quaternaires, ce phénomène, très actif et agissant de façon différentielle en fonction de la répartition des microclimats, a donné lieu à une dissymétrie des versants, encore très apparente dans les vallées sundgoviennes.

Au débouché des vallées sundgoviennes, le loess étalé par ruissellement sur les alluvions a permis la constitution d'une bande de terres cultivées en marge de la forêt de la Harth. L'irrigation a été pratiquée de façon systématique, à seule fin de gagner des terres cultivables.

PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES

GÉOLOGIE STRUCTURALE

La géologie structurale de la feuille Mulhouse est illustrée par quatre coupes transversales et obliques.

La coupe IV recoupe la partie méridionale et met en évidence l'existence des éléments structuraux qui sont, de l'Ouest à l'Est : le fossé de Dannemarie, le horst de Mulhouse, le fossé de Sierentz, le seuil d'Istein. Les autres coupes intéressent le Bassin potassique et le champ de fractures de Guebwiller.

Le fossé de Dannemarie se plaçant dans le prolongement sud-ouest du Bassin potassique affecte une structure synclinale dont l'axe est orienté du Sud-Ouest au Nord-Est. Il est recoupé de failles ; ces dernières sont connues en sa limite est dans la région d'Hirtzbach—Altkirch (feuille Altkirch) et aussi plus au Nord sur la feuille Mulhouse.

Les reconnaissances en surface et les résultats des sondages imposent une double faille à rejet nord-ouest de structure S.SW—N.NE :

— entre les sondages de Galfingue (toit du Rauracien à la cote — 775) et de Morschwiller (toit du Rauracien à la cote — 1010) d'une part ;

— entre ceux d'Illfurth, Hochstatt I et Hochstatt II (toit du Séquanien aux cotes + 127, + 90, + 88) d'autre part. Le rejet ouest est de 600 à 800 mètres.

Notons que les failles de direction rhénane se prolongent dans le Bassin potassique.

Remarques.

1) En ce qui concerne l'âge de ces failles, nous avons admis dès 1937 (thèse, p. 60) que certaines failles se sont déjà manifestées au cours des temps oligocènes. L. Vonderschmitt (1942, p. 92) a démontré que certaines failles d'Hirtzbach ont débuté à l'Éocène et avaient acquis à l'époque des marnes vertes (Z_{Si}) un rejet de 35 m environ. Les documents que nous analysons aujourd'hui viennent à l'appui de cette thèse.

En effet, examinons une coupe transversale Schweighouse—Reiningue—Morschwiller—Hochstatt.

Le toit du Jurassique est formé par les calcaires rauraciens dans les sondages de Schweighouse, Reiningue, Morschwiller et Galfingue, mais par les calcaires séquanien dans les sondages de Hochstatt et d'Illfurth. Les sondages de Morschwiller, Reiningue, Galfingue et Schweighouse ont recoupé des dépôts éocènes sur des épaisseurs importantes (46 m à Schweighouse 2, 35 m à Schweighouse 1 : marnes rouges et conglomérats, 48 m à Reiningue 2 : marnes rouges et conglomérats, 28 m à Reiningue 1, 60 m à Galfingue, 68 m à Morschwiller). Par contre, il n'en est pas signalé à Hochstatt 1 ni à Hochstatt 2, tandis qu'Illfurth ne signale que 2 m de *bohnerz* (argile à concrétions latéritiques).

L'interprétation la plus simple est d'admettre que la région située à l'Est des failles-limites formait une sorte de haut-fond par rapport à celle située à l'Ouest. Les marnes rouges et le bolus^(*) éocène se seraient de préférence déposés dans le compartiment placé le plus bas. Ce qui tendrait à prouver que cette dénivellation existait déjà à l'Éocène.

Mais il faut noter que ce compartiment affaissé est couronné de Rauracien, tandis que le compartiment relevé a conservé le Séquanien. Cette disposition est surprenante, car le Séquanien, connu à l'état de galets dans le conglomérat côtier du champ de fractures de Lauw, a dû se déposer à travers toute la partie sud du fossé rhénan jusqu'au-delà du sondage de Sausheim qui en a recoupé 35 mètres. Il a donc été enlevé dans la région Schweighouse, Reiningue, Morschwiller, Galfingue avant le dépôt de l'Éocène moyen. Cela suppose qu'à cette époque la disposition tectonique était inverse de celle de la structure actuelle. La région de Galfingue, Morschwiller, Reiningue, Schweighouse où le Jurassique a été enlevé jusqu'au Rauracien a dû être relevée par rapport à celle de Sausheim, Hochstatt, Illfurth où le Jurassique n'a été recoupé que jusqu'au Séquanien.

2) Il convient d'examiner si cette structure était une structure plissée ou une structure par failles.

Dans les sondages, le Rauracien a été recoupé à Schweighouse 1 (17 m) à Schweighouse 2 (36 m), à Reiningue 2 (65 m), à Morschwiller (95 m), à Galfingue (77 m). Une disposition anticlinale conviendrait pour expliquer la structure Schweighouse 1, Schweighouse 2, Reiningue 2 et Morschwiller. Mais elle n'explique pas pourquoi le Rauracien a été plus érodé à Galfingue qu'à Morschwiller. C'est pourquoi il est plus plausible que la structure a déjà été rompue par une faille, le compartiment ouest relevé étant légèrement basculé vers le Nord.

Quelle que soit la structure du compartiment ouest, ce dernier a dû, à l'Éocène inférieur, être relevé par rapport au compartiment est. Mais dès le dépôt des couches rouges et des calcaires lacustres d'âge éocène moyen, la disposition actuelle a dû se mettre en place.

(*) Variété d'argile généralement déposée dans des karsts.

On constate donc deux rejets successifs inverses d'un même accident tectonique.

Le horst de Mulhouse au début de l'émergence post-mésozoïque a dû être une zone déprimée par rapport aux régions voisines du fossé rhénan. Mais dès l'Éocène moyen, il a dû commencer à jouer un rôle de horst. C'est ce qui explique que les calcaires lacustres de l'Éocène moyen ne sont pas connus à l'intérieur du horst de Mulhouse, alors qu'ils ont été reconnus dans les fossés de Dannemarie et de Sierentz (Rixheim, Allschwyl).

Toutefois, plus tard, lors du dépôt de la zone salifère, la sédimentation lagunaire à subsidence accusée différenciera le Bassin potassique des autres régions. Dans son prolongement sud-ouest, le fossé de Dannemarie montre une subsidence accusée, mais sans sel.

Au Sud, se déposent les faciès lacustres. Plus tard, par affaissement post-oligocène, le fossé de Sierentz s'individualisera entre le horst de Mulhouse—Altkirch et la Forêt-Noire.

Le horst de Mulhouse. La structure faillée du horst de Mulhouse est connue à la suite des travaux de Förster, Werveke et N. Théobald (1952).

Il s'agit essentiellement d'un réseau de failles normales formant un système où dominant les directions SW—NE recoupées par des failles sensiblement orthogonales. Le bord est est limité par des failles de direction rhénane.

Le horst de Mulhouse est limité au Nord par la faille dite de la gare de Mulhouse, dont le tracé a pu être précisé grâce à une douzaine de sondages de reconnaissance exécutés le long du canal. Le rejet est nord-ouest.

Une faille parallèle à la précédente, faille normale à rejet nord-ouest de 25 m, passe à la chapelle de Brunstatt et le long du vallon du Tannenwald.

Une autre faille parallèle aux précédentes passe entre le Sonnenberg et le Schopfberg dans l'alignement cote 351—clocher de Rixheim ; le compartiment sud-est, relevé, porte le point culminant du Zureinwald.

La limite de ce compartiment est formée par une faille ayant une direction encore sensiblement SW—NE, mais à rejet sud-est, passant au Nord de Bruebach par la Ziegelscheuer et la Neumuhl et les abords ouest d'Eschentzwiller.

Parmi les failles transversales citons :

- la faille est du Zureinwald, à rejet est d'environ 40 m, et se poursuivant en direction S.SE vers Magstratt-le-Bas ;
- la faille joignant la chapelle de Brunstatt à Steinbrunn-le-Huat, ayant un rejet est d'environ 30 mètres.

Le fossé de Sierentz (nom proposé par L. van Werveke, 1913, p. 249). La limite du Sundgau est formée par un ensemble de failles de direction sub-méridienne.

Le long de la coupe allant du sondage de Zimmersheim à ceux de Rixheim et de Hombourg, on note un affaissement important du fossé ; le toit du Rauracien étant à la cote — 128 à Zimmersheim, à la cote — 204 à Rixheim et à la cote — 239 à Hombourg.

La bordure orientale du fossé de Sierentz est aussi formée par un système de failles rhénanes.

Notons d'ailleurs que le fossé de Sierentz n'est pas le symétrique du fossé de Dannemarie, il n'a pas fonctionné comme bassin de sédimentation différentielle durant l'Oligocène et ne s'est individualisé que par la tectonique post-oligocène.

Le seuil d'Istein. Quant au seuil d'Istein, les études d'O. Wittmann ont montré l'existence de structures de direction NW—SE où apparaît le fossé de Bamlach (à sédiments rupéliens) affaissé contre le seuil d'Istein au Sud-Ouest et la table de Schliengen au Nord-Est.

Le Bassin potassique. La structure du Bassin potassique a été exposée par Vogt et Mieg (1908), Förster (1911), Maikowsky (1952), Lagneau-Herenger (1965), Courtot et *al.* (1972).

Ces derniers auteurs ont notamment représenté une carte géologique de la base du Quaternaire. Les dépôts quaternaires recouvrent toute la série des formations allant du « Chattien » au Lattorfien supérieur.

Au Sud d'Ensisheim, des failles sub-méridiennes à regard nord découpent l'ensemble en panneaux monoclinaux à pendage est, le rejet de ces failles antithétiques pouvant atteindre 500 mètres.

A la latitude d'Ensisheim, une bande de flexures orientée E—W abaisse les terrains situés au Nord ; cette partie septentrionale du Bassin potassique, avec ses fosses profondes et ses diapirs, s'oppose à la partie méridionale découpée en panneaux monoclinaux.

A l'Est du méridien d'Ensisheim et au niveau de la flexure, apparaissent des failles de direction E—W donnant lieu à un découpage en lanières.

Les mêmes auteurs pensent que ces structures sont la conséquence du soulèvement de l'ensemble du bloc rhénan accompagné d'un pivotement des failles bordières autour d'un axe horizontal provoquant une compression des parties profondes du soubassement et une dilatation des parties hautes. Les parties profondes pourraient donc avoir subi un morcellement accompagné d'une surrection différentielle, le jeu des accidents du Mésozoïque étant à l'origine des flexures synsédimentaires du Sannoisien.

Nous avons déjà essayé (N. Théobald, 1967) d'exploiter les résultats fournis par les sondages profonds et de construire une carte géologique de la surface infra-tertiaire du Bassin potassique. Elle met en évidence que la structure du Tertiaire du Bassin potassique est dans une certaine mesure la réplique de la structure du soubassement mésozoïque.

Ce fait résulte d'ailleurs nettement des analyses des structures de Staffelfelden et de Bollwiller.

L'étude de la structure de Staffelfelden est particulièrement instructive à cet égard. En raison de sa production pétrolière, ce champ a été reconnu par 9 sondages, dont le premier était dû aux mines domaniales de potasse d'Alsace, poussé en 1951 jusque dans la Grande Oolithe (Maikowsky, 1952). Cet auteur a présenté la structure des terrains tertiaires comme une sorte d'anticlinal (anticlinal de Bollwiller). Plus tard, après exploration du champ pétrolifère, Blumenroeder (1962, fig. 14) a figuré le soubassement secondaire comme étant un semi-dôme limité à l'Ouest par une faille à regard vosgien d'environ 150 mètres. A une faille antithétique à regard ouest repérée dans la zone salifère, correspondent deux failles de même sens, reconnues dans la série jurassique. Le passage se fait par une flexure relevée dans les couches basales du Tertiaire. La plasticité des couches tertiaires, en particulier du sel massif, entraîne ainsi une simplification des structures par rapport à celles du soubassement.

Plus au Nord, la comparaison des sondages de Bollwiller et de ceux de Soultz et d'Hartmannswiller montre que la structure de Bollwiller est assez comparable à celle de Staffelfelden (Blumenroeder, 1962, fig. 16). Il s'agit d'un piège réalisé entre un système de failles antithétiques.

On peut admettre que la faille passant à l'Ouest de Bollwiller se place dans le prolongement de celles de Staffelfelden.

Dans le sondage de Soultz, le Jurassique moyen est d'ailleurs réduit par une faille. Cette faille est sans aucun doute une faille directe à rejet conforme vers l'Est. Elle passe ensuite à l'Ouest du sondage d'Hartmannswiller 1 où la Grande Oolithe est abaissée de 120 mètres. Cette faille se répercute sans doute dans le socle.

Un certain nombre de sondages sont d'ailleurs recoupés par des failles affectant les terrains secondaires. Cela prouve que les failles existent dans le soubassement infra-tertiaire. La difficulté est souvent de dire dans quelle mesure les failles affectant le Primaire correspondent aux failles reconnues dans le Tertiaire. Si la compétence des terrains tertiaires et secondaires était comparable, le problème serait relativement aisé

à résoudre par extrapolation. Mais étant donné la tectonique salifère et la plasticité du sel, il est probable que la tectonique du soubassement mésozoïque est relativement plus simple que celle de la couverture tertiaire dont on connaît les accidents diapys.

Ce que nous avons pu reconnaître semble bien montrer la dominance des accidents sub-méridiens de style rhénan recoupés par quelques accidents transversaux. Certains de ces derniers, et tel semble être le cas entre Schweighouse 2 et Reiningue 1, auraient une orientation hercynienne.

Ainsi, la tectonique du soubassement mésozoïque rappelle dans ses grandes lignes celle des champs de fractures bordant le fossé rhénan.

En ce qui concerne la mise en place de ces structures, il semble que la distension du fossé rhénan lors du soulèvement du bloc rhénan, démontrée par de nombreux auteurs, aurait atteint une valeur suffisante de l'ordre de plusieurs kilomètres (5 à 6). Le seul jeu des forces verticales résultant de la remise en équilibre des compartiments faillés permet d'expliquer des structures actuelles.

Le bord du champ de fractures de Guebwiller. A l'angle nord-ouest de la feuille, apparaît un fragment de l'extrémité méridionale du champ de fractures de Guebwiller, découpé en blocs monoclinaux par un réseau de failles orthogonales. La faille rhénane passe à l'Ouest de Hartmannswiller et de Betschwiller. Tandis que la faille vosgienne se situe à environ 400 m du bord ouest de l'angle nord-ouest de la feuille.

ÉVOLUTION MORPHOLOGIQUE

Elle débute après le retrait des mers stampiennes. Des dépôts lacustres d'âge chattien, conservés dans le Bassin potassique, marquent l'arrêt de la subsidence de la partie méridionale du fossé rhénan.

Il est difficile de préciser à quel moment le mouvement de relèvement débute. Le volcanisme du Kaiserstuhl débutant au Burdigalien en marque peut-être l'avènement. De toutes façons, sa mise en place liée à une tectonique cassante souligne un changement morphologique important. Car il semble bien qu'à partir de ce moment, la région schwarzwaldienne située plus au Sud est drainée en direction du bassin molassique. Telle est certainement la signification de la nappe des blocs *périgrins* connue en bordure de la Forêt-Noire. Il est bien établi aussi que les sables pontiens à *Hipparion* connus dans le bassin de Charmoille ont été déposés par des cours d'eau drainant les Vosges en direction sud par-dessus le Jura non encore en place à cette époque.

C'est à partir de ce moment que s'accuse le relèvement différentiel des massifs anciens et que le décapage des reliefs vosgiens et schwarzwaldiens fournit un abondant matériel détritique.

Discordants sur les sables vosgiens d'âge pontien, on connaît des graviers d'origine vosgienne dont les galets peuvent atteindre une taille de 50 cm. Cette taille souligne que le relief des Vosges devait atteindre une certaine altitude.

Ce n'est qu'ensuite que les plis du Jura de Ferrette ont été mis en place. Dès lors, c'est-à-dire à partir du Villafranchien inférieur, l'Aar s'écoule à travers le haut Sundgau en direction du Doubs. Il reçoit les affluents drainant la partie méridionale de la Forêt-Noire et des Vosges.

Après leur dépôt eut lieu le détournement de ce cours d'eau vers le Nord, la formation du Rhin et la constitution du réseau hydrographique actuel.

Dans la plaine rhénane à nouveau subsidente au Nord de la latitude de Mulhouse, s'accumulent dès lors d'énormes quantités d'alluvions, les unes apportées par le Rhin, les autres d'origine vosgienne et schwarzwaldienne.

Ces massifs sont en voie de relèvement. Et il en est de même du horst de Mulhouse.

Le rajustement isostatique du fossé, conséquence de la distension des môles anciens les bordant, s'accompagne de l'ouverture de fractures le long desquelles les contraintes

accumulées par l'affaissement du fossé se libèrent par le mouvement ascensionnel des masses de sel. Ce diapyrisme a sans doute débuté dès la fin de l'Oligocène, au moment où la tectonique avait atteint son paroxysme. Mais il est hors de doute que le jeu des failles et le diapyrisme ont duré longtemps et se poursuivent encore de nos jours.

C'est précisément face aux sommets culminants des Vosges et de la Forêt-Noire que l'affaissement et le diapyrisme s'expriment avec le plus de netteté.

OCCUPATION DU SOL

SOLS, VÉGÉTATION ET CULTURES

(voir L. Badre, 1955)

Dans la zone autrefois inondable par le Rhin, aujourd'hui asséchée à la suite de la régularisation du Rhin et de la construction du canal d'Alsace, la forêt à bouleau, ormes, saules et peupliers est en pleine régression et évolue vers une lande à *hippophae* faiblement boisée.

Dans la Harth, dominant le chêne rouvre et le charme (*Quercum — Carpinetum*). En raison de la faiblesse des précipitations (< 60 cm/an), du sol caillouteux et filtrant, à la suite de l'abaissement du niveau de la nappe phréatique, la forêt est très sèche. Dans les stations très sèches, le chêne pubescent est fréquent.

C'est le cas notamment de la *Harth rouge* couvrant le niveau supérieur de la basse terrasse ; les alluvions y sont souvent concrétionnées en profondeur et présentent une zone d'accumulation d'argile de couleur rouge, un sol brun forestier.

Par contre, dans la *Harth grise*, installée sur les niveaux inférieurs de la basse terrasse et couverte en partie par des limons, les cultures ont pu se développer. Malheureusement, l'abaissement de la nappe phréatique en diminue le rendement pendant les années sèches.

Dans les forêts de l'III et le long de ses affluents vosgiens, la fraîcheur et la fertilité du sol corrigent la sécheresse du climat et permettent un taillis sous futaie riche en chêne pédonculé et frêne.

Dans le *Sundgau*, domine la hêtraie avec un mélange de chênes. Les enrésinements en épicéas se développent.

Les zones du *Sundgau* couvertes de limons loessiques donnent des sols profonds et sains formant des terroirs cultivés permettant la culture intensive (blé, orge, betterave à sucre, maïs, luzerne).

En bordure du *Sundgau*, les colluvions de loess épandus à la surface de la basse terrasse ont permis de constituer un terroir fertile qui a gagné en surface aux dépens de la forêt.

Tandis que sur la basse terrasse la couverture de limons est souvent assez faible pour que les façons culturales remontent les graviers en surface. L'irrigation pendant la saison sèche augmente le rendement de ces terres. Mais le long de l'III et de ses affluents, la couverture de limons est souvent assez épaisse pour donner de riches terres à culture, notamment de bonnes terres à blé.

Pourtant, par places, l'épandage des limons donne des sols lehmifiés, décalcifiés, favorisant l'installation des prés humides.

PRÉHISTOIRE ET ARCHÉOLOGIE

Le secteur correspondant à la couverture de la carte, n'ayant été prospecté que partiellement, nous n'avons qu'un aperçu incomplet sur l'évolution du peuplement de la région mulhousienne au cours des périodes pré- et proto-historiques.

Paléolithique

Pour la période paléolithique, nous ne possédons pour le moment que quelques silex recueillis dans la loessière Hartmann de Riedisheim (d'après M.A. Thevenin, période Levallois). Cette loessière entaillait une butte de loess bordant la vallée de l'III à l'Est de Mulhouse (profondeur de la trouvaille : environ 15 m).

Néolithique

La première vague d'immigration danubienne se concentre pour le moment dans les secteurs alluvionnaires à la base de la terrasse du bas Sundgau, Mulhouse-est et Habsheim (ancienne trouvaille Schoenensteinbach sur le cône de déjection de la Thur). La phase suivante du danubien récent a une répartition plus large : *continuité* sur Mulhouse-est et Habsheim mais prise de possession des terrains loessiques du bas Sundgau : Zimmersheim—Rantzwiller—Steinbrunn-le-Bas—Landser. La phase du poinçonné, absente à Mulhouse-est et Habsheim, continue dans les autres sites le cycle du danubien récent.

Phase de Roessen présente à Mulhouse-est et Steinbrunn-le-Bas et le-Haut en continuité du danubien.

Phase de Michelsberg. Ce cycle n'a été repéré dans le Haut-Rhin que sur les cotéaux aux alentours de Riedisheim à Zimmersheim et probablement à Brunstatt (quelques indices).

Phase campaniforme. Présente à Mulhouse-est et Habsheim-sud (tombes).

Les habitats néolithiques étaient établis de part et d'autre du chenal 1 jusqu'à vers 1800 avant notre ère.

Les habitats bronze ancien étaient établis sur la berge du chenal 2. Un fond de foyer bronze ancien III se trouvait sur le chenal 1 qui était donc à sec aux environs de 1600-1500 avant notre ère.

Le chenal 3 est datable d'après les vestiges d'habitats aux environs de 1000 avant notre ère.

Phases du bronze ancien. Jusqu'à présent les éléments recueillis correspondent seulement à la phase II et III du Bronze ancien. Trouvailles de Riedisheim, Mulhouse-est (habitats et nécropole), Habsheim (dépôt), Rixheim (céramique), Brunstatt.

Phase du Bronze moyen et final. Pour la phase du Bronze moyen, les trouvailles sont rares. Pour les phases du Bronze final, la densité croît d'une façon continue et illustre un peuplement dense qui se continue durant le premier Age du fer et la phase ancienne du deuxième Age du fer. La Tène moyenne est faiblement représentée.

Forêt de la Harth. Nombreuses lentilles d'argile, les plus importantes avec présence d'occupation humaine du Bronze final 2, 1050 à 900 environ.

Les tumuli, d'après leur situation, doivent également se trouver à proximité d'habitats du Hallstatt.

Des trouvailles de céramique de la Tène et romaine corroborent la présence d'habitats à l'emplacement de l'actuelle forêt.

GÉOGRAPHIE HUMAINE

Le paysage, à vocation essentiellement agricole autrefois, perd progressivement son aspect naturel. Ce fut d'abord le site de Mulhouse qui, au siècle dernier, se développa grâce à l'expansion des tissages. Les industries chimiques et les industries d'extraction se développèrent dès le début de ce siècle, après la mise en exploitation du Bassin potassique. Enfin la présence d'eau de bonne qualité et les vastes espaces encore disponibles dans la Harth ont attiré depuis peu de grosses industries de transformation.

De tous temps d'ailleurs, placée au carrefour des voies rhénanes et de la Porte de Bourgogne, la région a connu un trafic et un commerce intenses. Le réseau routier, très fréquenté depuis les Romains, a été complété par des voies navigables et des voies ferrées.

Aussi, la région est-elle l'objet d'incessants changements et d'intenses développements prouvant sa vitalité.

RESSOURCES DU SOUS-SOL ET EXPLOITATIONS

HYDROGÉOLOGIE

Le Sundgau ne dispose d'aucun réservoir aquifère intéressant. A signaler cependant la présence d'un réseau karstique dans le calcaire à Mélanies (exurgence de la Bornkapelle à Brunstatt, débit pouvant dépasser $100 \text{ m}^3/\text{h}$) et dans les grès calcaires du Hausteim [exurgence de Steinbrunn-le-Haut (feuille Altkirch)].

Vallée de la Doller. La ville de Mulhouse tire $12\,000\,000 \text{ m}^3/\text{an}$ au moyen de six puits à drains horizontaux (Simler, 1973).

La plaine alluviale renferme par contre un réservoir aquifère d'une exceptionnelle richesse. Les alluvions y atteignent une épaisseur considérable ; elles sont perméables et bien alimentées par les rivières vosgiennes d'une part, par le Rhin d'autre part.

Le niveau du toit de la nappe phréatique est conditionné par la valeur des précipitations^(*), le niveau des rivières s'abaissant au cours de la belle saison et avec le niveau du Rhin (débits maxima en juin-juillet : $1800 \text{ m}^3/\text{s}$; débits minima en novembre : $400 \text{ m}^3/\text{s}$). La nappe présente donc un aspect dynamique. Les réserves exploitables sont estimées à environ 800 millions de m^3/an (Simler, 1973).

La ville de Mulhouse a construit dans la basse terrasse, entre Habsheim et le Rhin, un ouvrage profond de 60 m, pouvant fournir $600 \text{ m}^3/\text{h}$.

A l'Est de Mulhouse, les sociétés Indenos et Rhône-Poulenc prélèvent plusieurs milliers de m^3/h dans la nappe phréatique.

Les réserves aquifères qui constituent l'une des richesses de la région sont de plus en plus sollicitées et il conviendrait de les gérer judicieusement.

Malheureusement une situation alarmante se dessine de plus en plus à la suite de la pollution chimique de l'eau, due notamment à la teneur excessive en NaCl (voir Simler, 1973).

RESSOURCES MINÉRALES

Matériaux de constructions

Autrefois exploités pour moellons : calcaire à Mélanies, calcaires et grès du Hausteim, grès de la molasse alsacienne, grès d'Hartmannswiller.

Gypse : exploitations anciennes à Zimmersheim.

Argiles téguines : lehm.

Graviers et sables : nombreuses ballastières encore exploitées actuellement et même abusivement.

Substances combustibles : pétrole

Structure de Staffelfelden exploitée de 1954 à 1963 = 55 475 tonnes.

Structure de Reiningue exploitée de 1955 à 1968 = 18 165 tonnes.

Structure de Bollwiller exploitée de 1958 à 1963 = 695 tonnes.

Sel de potasse.

Exploité depuis 1910. 24 puits creusés dont 19 encore en activité. 317 sondages au total.

Production actuelle : 50 000 tonnes de sel par jour environ, soit environ $10\,000\,000$ tonnes de sel brut/an, soit $1\,900\,000$ tonnes de $\text{K}_2\text{O}/\text{an}$.

(*) La pluviosité peut atteindre la moyenne annuelle de 900 mm dans la région de Mulhouse.

Sous-produits de l'exploitation de la potasse :

- *Sel gemme* : actuellement environ 30 000 t/an de NaCl évaporé. NaCl résiduaire employé pour le déneigement = 300 000 t en 1969.
- *Brome* : environ 5 000 t/an.

Or

Orpaillage des sables du Rhin : il a cessé au milieu du 19^{ème} siècle.

DOCUMENTATION COMPLÉMENTAIRE

SITES CLASSIQUES ET ITINÉRAIRES

L'extension de l'habitat a considérablement réduit le nombre des sites classiques.

Le gisement fossilifère le plus remarquable, la carrière des marnes en plaquettes de la chapelle de Brunstatt, est maintenant inclus dans une propriété privée. Toutefois, il est possible de le visiter. En l'absence de toute exploitation, les trouvailles sont excessivement rares. Mais il serait relativement peu onéreux de faire une fouille systématique. C'est pourquoi nous en donnons une coupe détaillée, mentionnant les niveaux ayant livré des fossiles, en particulier le sommet du banc d4, la plupart des Insectes ayant été trouvés sous la plaque de 1 cm se détachant en tête de ce banc.

Coupe de la carrière de Brunstatt (Bornkapelle) relevée entre les années 1930 à 1933
T = Terre arable.

f2 = 0,10 m de marnes feuilletées, dures, gris foncé : *Apion primordiale*.

f1 = 0,40 m de marnes molles, pauvres en calcaire.

e2 = 0,12 m de calcaires : Crustacés (très fréquents), *Cyrena semistriata*, Foraminifères (fréquents).

e1 = 1,00 m de marnes feuilletées, écrasées et plissotées.

d4 = 0,20 m de calcaires marneux formant un banc dur surmonté d'une plaquette mince (1 cm), se détachant au marteau. Nombreux Insectes à ce niveau.

d3 = 0,10 m de marnes en plaquettes fragiles : Insectes.

d2 = 0,10 m de marnes en plaquettes dures : Insectes.

d1 = 0,50 m de marnes feuilletées, couleur lie-de-vin au sommet, molles et pauvres en calcaires à la base : Plantes, *Prolebias praecursor*, *Hydrobia*, *Planorbis*.

c = 0,06 m de marnes calcaires feuilletées.

b3 = 0,40 m de marnes en plaquettes.

b2 = 0,05 m de marnes calcaires plissotées.

b1 = 0,35 m de marnes en plaques minces, pauvres en calcaire.

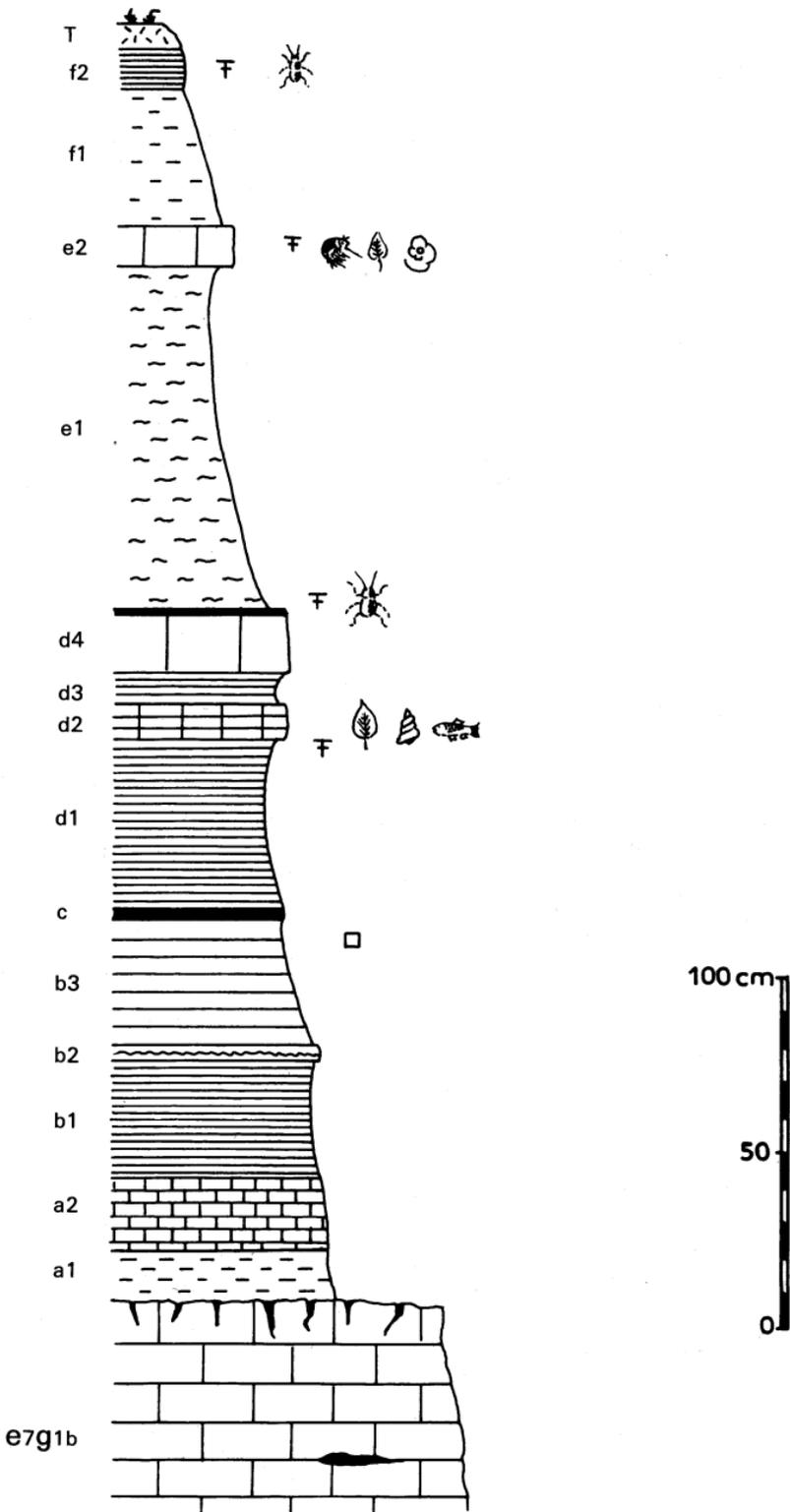
a2 = 0,20 m de marnes calcaires.

a1 = 0,15 m de marnes en plaques minces, cassées, jaunes, pauvres en calcaires.

Épaisseur totale = 3,76 m de marnes en plaquettes.

e7-g1b = Calcaires à Mélanies = calcaire corrodé en surface, gris-blanc avec taches foncées dans la masse, odeur fétide au choc, intercalations de marnes et de lignite.

Remarque. — Lacune d'érosion entre le calcaire à Mélanies et les marnes en plaquettes.



Coupe de la carrière de Brunstatt (Bornkapelle)

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREAE A. (1884) – Ein Beitrag zur Kenntniss des Elsässer Tertiärs. *Abh. Geol. Specialk. Els.-Lothr.*, 2, 3, 331 p.
- BLUMENROEDER J. (1953) – La recherche de pétrole en Haute-Alsace. *Bull. Ver. schweiz. Petrol.-Geol. u.-Ing.*, 20, 58, p. 13-22.
- BLUMENROEDER J. (1954) – Réunion extraordinaire de l'Association française des techniciens du Pétrole. Groupe Sud-Ouest, section géologie-exploration. *Bull. Ass. fr. Techn. Pétrole*, 107, p. 409-439.
- BRIQUET A. (1930) – Le Quaternaire de l'Alsace. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4, 30, p. 977-1014.
- DELBOS J. (1871) – Notice sur le forage exécuté à Niedermorschwiller (Haut-Rhin) dans la cour de ferme de la propriété A. Tachard. *Bull. Soc. industr. Mulhouse*, 41, p. 61-77.
- DELBOS J. et KOECHLIN-SCHLUMBERGER J. (1866-1867) – Description géologique et minéralogique du département du Haut-Rhin. Perrin éd., Mulhouse, 2 vol., 484 + 545 p.
- DELPONT J., FRANC DE FERRIÈRE P.J.J. et PERRETTE G. (1955) – Notice de la carte des régions naturelles de Haut-Rhin. *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 8, 2, p. 20-29.
- DUBOIS G. (1934) – Exposé sommaire de la géologie de l'Alsace et des Vosges. Livret-guide de l'exc. géol. inter-universitaire.
- DUBOIS G. (1944) – Sur les failles subméridiennes en marge méridionale de la coupole rhénane. *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 4-11-1946, p. 258-260.
- DUBOIS G., FRANC DE FERRIÈRE P.J.J., DUPUIS M.L., DELPONT J., ROTHE J.P., BADRE L., PIERRETTE G. (1955) – Carte géologique et agronomique du département du Haut-Rhin (avec notice explicative). *Bull. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 8, 2, 31 p.
- FLICHE P. (1886) – Note sur les flores tertiaires des environs de Mulhouse. *Bull. Soc. industr. Mulhouse*, 56, p. 348-362.
- FÖRSTER B. (1888) – Die Gliederung des Sundgauer Tertiärs. *Mitt. Comm. geol. Landes-Unters. Els.-Lothr.*, 1, 3, p. 137-177.
- FÖRSTER B. (1891) – Die Insekten des « Plattigen Steinmergels » von Brunstatt. *Abh. geol. Specialk. Els.-Lothr.*, 3, 5, p. 333-594.
- 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. geol. Landesanst. Els.-Lothr.*, 7, 4, p. 349-524.
- HASEMANN W. (1943) – Geologie und Wasserversorgung in Baden und im Elsass. *Jahrb. Reichsamt für Bodenforschung*, 1942, 63, p. 250-295.

- ILLIES H. (1965) – Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. Ein Beitrag zum « Upper Mantle Project ». *Oberrhein. geol. Abh.*, 14, p. 1-54.
- JUNG J. et SCHLUMBERGER C. et M. (1936) – Soulèvement des alluvions du Rhin par les intrusions salines diapires de la Haute-Alsace. *Bull. Serv. Carte géol., Als.-Lorr.*, 3, p. 77-86.
- KESSLER P. (1909) – Die tertiären Küstenkonglomerate in der mittelrheinischen Tiefebene. *Mitt. geol. Land. Els.-Lothr.*, VII, p. 167-290.
- LAGNEAU-HERENGER L. (1965) – Géologie du bassin potassique d'Alsace. *Tr. lab. Géol. Fac. Sc. Grenoble*, 41, p. 57-96.
- LAKOWITZ C. (1895) – Die Oligocänflora der Umgegend von Mülhausen im Elsass. *Abh. geol. Specialk. Els-Lothr.*, 5, 3, 178 p.
- MAIKOVSKY V. (1941) – Contribution à l'étude paléontologique et stratigraphique du bassin potassique d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 6, 192 p.
- MAIKOVSKY V. (1952) – Le pétrole dans le Haut-Rhin : le sondage Staffelfelden IV - DP 25. *Bull. Soc. industr. Mulhouse*, 1, p. 25-34.
- MIEG M. (1888) – Note sur un sondage exécuté à Dornach (près Mulhouse) en 1869. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3, 16, p. 256-265.
- MIEG M. (1889) – Note sur le gypse de Zimmersheim (près Mulhouse). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3, 17, p. 562-566.
- MIEG M., BLEICHER G. et FLICHE (1890, 1892, 1894) – Contribution à l'étude du terrain tertiaire d'Alsace et des environs de Mulhouse. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 3, 18, p. 392-422 ; 20, p. 175-210 et 375-385 ; 22, p. 334-344.
- REY R. (1968) – L'Oligocène à partir des Mollusques continentaux. *Annales Guebhard*, 44, p. 162-196.
- RUHLAND M. (1967) – Position tectonique du horst de Mulhouse dans le fossé rhénan méridional. *Abh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, 6, p. 31-32 et *Publ. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*
- RUTTE E. (1950) – Über Jungtertiär und Altdiluvium im südlichen Oberrheingebiet. *Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br.*, 40, p. 23-122.
- SCHAD A., SOLL H. et WITTMANN O. (1955) – Ergebnisse von Bohrungen im Tertiär-hügelland zwischen Müllheim und Istein im badischen Oberland. *Jh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, 1, p. 300-360.
- SIMLER L. et MASCLAUX R. (1967) – Carte des profondeurs de deux horizons sédimentaires dans la plaine d'Alsace. *Abh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, 6, p. 68 et *Publ. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*
- SIMLER L. et THÉOBALD N. (1970) – Les alluvions plio-quaternaires du Fossé rhénan (secteur plaine d'Alsace). In : ILLIES J.H. et MUELLER S. – Graben Problems, p. 75-78, Schweizerbart éd., Stuttgart.

- SITTLER C. (1965) — Le Paléogène des fossés rhénan et rhodanien. Études sédimentologiques et paléoclimatiques. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 24, 392 p.
- SITTLER C. (1969) — Le fossé rhénan en Alsace. Aspect structural et histoire géologique. *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, 2, 11, 5, p. 465-494.
- THÉOBALD N. (1935) — Le bassin potassique du Haut-Rhin et ses abords. *L'enseignement scientifique*, 9, 81, p. 6-11.
- THÉOBALD N. (1937) — Les Insectes fossiles des terrains oligocènes de France. *Mém. Soc. sav. Nancy*, 2bis, 473 p.
- THÉOBALD N. (1948) — Carte du soubassement des alluvions quaternaires du Haut-Rhin. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 9.
- THÉOBALD N. (1948) — Carte de la base des formations alluviales dans le Sud du Fossé rhénan. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 9, 77 p.
- THÉOBALD N. (1950) — Étude tectonique du horst de Mulhouse. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5, 20, p. 407-419.
- VOGT H. (1967) — Quaternary tectonics of the Alsatian part of the Rhinegraben. *Abh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, 6, p. 33-36 et *Publ. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*
- VOGT J. et MIEG M. (1908) — Note sur la découverte de sels de potasse en Haute-Alsace. *Bull. Soc. industr. Mulhouse*, 78, p. 261-273.
- WAGNER W. (1929) — La géologie des puits de mines de potasse de la Haute-Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. Als.-Lorr.*, 1, 447 p.
- WAGNER W. (1948) — Das Erdöl in Rheintalgraben. *Zeitschrift deutsch. Geol. Ges.*, 100, p. 518-543.
- WERVEKE L. van (1908) — Die Tektonik des Sundgaaues und ihre Beziehungen zur Tektonik der angrenzenden Teile des Juragebirges. *Mitt. geol. Landesamt. Els.-Lothr.*, 6, 2, p. 323-339.
- WERVEKE L. van (1913) — Die Tektonik des Sundgaaues, ihre Beziehung zu den Kalisalzvorkommen im Oberelsass und in Baden und ihre Entstehung. *Mitt. geol. Landesanst. Els.-Lothr.*, 8, 2, p. 235-271.
- WERVEKE L. van (1917) — Der Verlauf der Hauptverwerfungen auf der Westseite des Rheintalgrabens im Elsass. *Mitt. geol. Land. Els-Lothr.*, X, p. 115-137.
- WERVEKE L. van (1922) — Schichtenfolge in einer Tiefbohrung bei Sierentz im Oberelsass (Tertiär, Jura, Keuper). *Mitt. bad. geol. Landesanst.*, 9, p. 393-405.
- WERVEKE L. van (1923) — Über eine angebliche bedeutende Verschiebung des mittelrheinischen Gebirges längs des Mittelrheins. *Z. deutschen Geol. Ges.*, 75, p. 45.
- WERVEKE L. van (1934) — Das Verlauf und das Alter der Hauptverwerfungen im gebiet des Mittelrheingrabens. *Abh. Heidelberger Akd. Wissenschaft.* 21.

WITTMANN O. (1949) — Stratigraphie und Paläogeographie des Tertiärs nordlich von Basel. *Z. dtsh. geol. Ges.*, 101, p. 146-163.

WITTMANN O. (1966) — Geologie, Morphologie und Hydrologie der Umgegend von Istein. *In* : SCHAFER H. et WITTMANN O. — Der Isteiner Klotz, p. 17-102, Rombach éd., Freiburg i. Br.

Carte géologique à 1/80 000

Feuille *Mulhouse* (1961), par C. et G. Dubois, N. Théobald.

Carte des gîtes minéraux de la France à 1/320 000

Feuille *Vosges* (1960), coordination par F. Permingeat.

Documents consultés

Les documents et travaux consultés pour cette feuille sont : Cartes géologiques à 1/25 000 éditées par le Service géologique d'Alsace-Lorraine (feuille *Mulhouse E*, *Mulhouse W*) et par le Service géologique de Bade (feuille *Kandern*). Carte géologique de France à 1/80 000 (feuille *Mulhouse*).

Travaux de L. BADRE, J. BLUMENROEDER, Ch. COURTOT, J. DELPONT, P.J.J. FRANC de FERRIÈRE, B. FÖRSTER, E. GANNAT, J. JUNG, V. MAIKOVSKY, G. PERRETTE, M. RUHLAND, K. SAUER, Ch. SITTLER, N. THÉOBALD, W. WAGNER, E. WENDLING, L. van WERVEKE, O. WITTMANN.

Documents originaux remis par la Prepa, le Service géologique d'Alsace-Lorraine et les Mines domaniales de potasse d'Alsace.

DOCUMENTS ET COLLECTIONS CONSULTABLES

La Banque des données du sous-sol du B.R.G.M. détient l'inventaire des sondages et autres travaux souterrains exécutés dans le périmètre de la feuille et archive régulièrement les nouveaux travaux. Les documents peuvent être consultés soit au S.G.R. Alsace, 204 route de Schirmeck, 67200 Strasbourg, soit au B.R.G.M., 17-19 rue de la Croix-Nivert, 75015 Paris.

AUTEURS

Cette notice a été rédigée par Nicolas THÉOBALD, professeur de géologie à l'université de Besançon, avec la collaboration de M. SCHWEITZER, conservateur des musées de Mulhouse, pour la préhistoire et l'archéologie.

COUPES DES PRINCIPAUX SONDAGES PROFONDS DONNANT LES COTES DU TOIT DES FORMATIONS

Feuille Mulhouse 1/25 000 n°		1									4	5		
Localisation du sondage		Soutziber 5-5bis	Bollwiller 1	Hartmannswiller BPR 4	Staffelfelden 9	Staffelfelden 2	Staffelfelden 4	Staffelfelden 1	Wittenheim BPR 3	Wittenheim 17 BP 28	Wittenheim 1	Blodelsheim 1	Schweighouse 1	Schweighouse 2
Numéro archivage S.G.N.		71	73	70	69	62	64	61	63	48	72	111	48	49
Formations recoupées	Sol (toit du Quaternaire)	+ 250	+ 234	+ 243	+ 255	+ 255	+ 256	+ 257	+ 245	+ 247	+ 253	+ 215	+ 274	+ 280
	Chattien (couches d'eau douce)								+ 190					
	Rupélien	+ 239	+ 210	+ 231	+ 223	+ 222	+ 216	+ 216	+ 55	+ 209	+ 173			
	Zone salifère supérieure	+ 80	- 191	+ 24	- 8	- 8	+ 56	+ 160	- 210	- 15	- 99	+ 42	+ 265	+ 264
	Zone salifère moyenne	- 381		- 478	- 527	- 581	- 530	- 521	- 612	- 595	- 619	diapyr	- 230	- 222
	Zone salifère inférieure	- 666	- 750	- 724		- 888	- 840	- 834	- 805	- 923	- 892		- 530	- 522
	Éocène	- 1416		- 1491	- 1561	- 1433	- 1444	- 1447	- 1322	- 1445	- 1518	- 1494	- 1166	- 1152
	Faciès rauracien									- 1517			- 1217	- 1198
	Faciès argovien								- 1430	- 1546			- 1234	- 1234
	Marnes oxfordiennes	- 1462	- 1460	- 1549	- 1643	- 1525	- 1519	- 1525	- 1450		- 1623	- 1548	- 1270	
	Callovien	/	- 1521	- 1603	- 1720			- 1622	- 1527		- 1700	- 1602	- 1336	- 1334
	Bathonien	/		- 1620		- 1622	- 1635	- 1631	- 1570	- 1690	- 1747		- 1354	- 1348
	Bajocien	- 1538	- 1584	- 1658		- 1636		- 1640	- 1583		- 1793	- 1660	- 1386	- 1382
	Lias	- 1603			- 1869				- 1744			- 1790		- 1545
	Marnes irisées	- 1808			- 2076				- 1958			- 1996		- 1760
Lettenkohle et Muschelkalk	- 1927			- 2119				- 2112			- 2118		- 1910	
Grès	- 2083										- 2300		- 2111	
Permien	- 2183													
Fin sondage		- 2188	- 1584	- 1787	- 2180	- 1683	- 1762	- 1660	- 2205	- 1701	- 1813	- 2318	- 1438	- 2135

COUPES DES PRINCIPAUX SONDAGES PROFONDS DONNANT LES COTES DU TOIT DES FORMATIONS

Feuille Mulhouse 1/25 000 n°		5						7				8	
Localisation du sondage		Reiningen 2	Reiningen 1	Heimsbrunn	Morschwiller 2	Galfingue 1	Hochstatt G 2	Hochstatt G 1	Sausheim 2	Rixheim 2	Rixheim 1.	Zimmersheim 1	Hombourg 1
Numéro archivage S.G.N.		42	41	7	47	51	50		80	44	8	67	7
Formations recoupées	Sol (toit du Quaternaire)	+ 267	+ 269	+ 392	+ 280	+ 303	+ 245	+ 254	+ 228	+ 238	+ 241	+ 258	+ 226
	Rupélien	+ 255	+ 257	+ 376	+ 265	+ 275							
	Zone salifère supérieure	+ 246	+ 229	+ 279	+ 148	+ 207			+ 121				+ 196
	Zone salifère moyenne	- 231	- 226		- 280	- 154			- 96	+ 194	+ 195	+ 246	
	Zone salifère inférieure	- 521	- 517			- 457	+ 244	+ 242	- 444			+ 163	
	Éocène	- 1108	- 1108	37	- 937	- 695	+ 91		- 1019	- 112	- 119	- 57	- 155
	Faciès séquanien			30				+ 110	- 1128				
	Faciès rauracien	- 1157		- 87	- 1010	- 755	+ 88	/	- 1164	- 198	- 204	- 128	- 239
	Faciès argovien	- 1221	- 1136	- 176*		- 832	+ 14	+ 32	- 1247	- 212	- 221		- 249
	Marnes oxfordiennes	- 1257		- 228				- 1	- 1268	- 254	- 259		
Callovien	- 1323		- 300			- 62	- 78	- 1339	- 313	- 316	- 292		
Bathonien			- 316	- 1210	- 955	- 95	- 111				- 309	- 380	
Bajocien	- 1372		- 358		- 991	- 113	- 127	- 1392	- 368	- 381	- 342	- 422	
Fin sondage		- 1443	- 1162	- 406	- 1250	- 998	- 138	- 152	- 1408	- 382	- 393	- 387	- 461

COUPES DES PUIXS DONNANT LES COTES DU TOIT DES FORMATIONS

Feuille Mulhouse 1/25 000 n°		1					2				
Désignation du puits		Alex	Rodolphe I	Rodolphe II	Marie-Louise	Marie	Amélie I	Ungersheim II	Ungersheim I	Ensisheim II	Ensisheim I
Numéro archivage S.G.N.		4	5	6	3	2	1	11	10	8	7
Formations recoupées	Cote au sol (toit du Quaternaire) <i>Chattien</i>	+ 233	+ 235	+ 235	+ 247	+ 247	+ 261	+ 224	+ 224	+ 218	+ 219
	(couches d'eau douce)	+ 203	+ 201	+ 201	+ 225	+ 224				+ 146	+ 159
	<i>Rupélien</i> :	/			/						
	Marnes à Cyrènes	/			+ 172,6	+ 207	+ 235	+ 171	+ 170	+ 123	
	Couches à Mélettes	- 96	+ 150		+ 108	+ 145	/			+ 84	+ 144
	Schistes à Amphisiles	/	/		/		/			/	
	Marnes à Foraminifères	- 104,5	- 66,5		/	- 10	/			- 247	- 114
	<i>Lattorfien (Zss)</i> :	/			/		/				
	Zone à gypse	- 109	- 68	- 78	+ 11	- 18	/	- 143	- 141	- 255	- 125
	Zone à sel gemme et à nodules d'anhydrite	- 133	- 135		- 41	- 51	+ 6			- 330	- 191
Zone bitumineuse supérieure	- 341	- 376		- 317	- 355	- 311			- 713	- 564	
c. sup. de potasse	- 396	- 436		- 376	- 400	- 374			- 790	- 625	
c. inf. de potasse (<i>Zsm</i>)	- 416	- 455		- 397	- 420	- 397			- 810	- 644	
Fond du puits		- 435	- 477	- 511	- 417	- 451	- 428	- 543	- 548	- 824	- 673

COUPES DES PUIITS DONNANT LES COTES DU TOIT DES FORMATIONS

Feuille Mulhouse 1/25 000 n°		2						5				
Désignation du puits		Ensisheim III	Théodore	Prince Eugène	Fernand ouest	Fernand est	Anna ouest	Anna est	Amélie II	Max	Joseph	Elsa
Numéro archivage S.G.N.		9	6	5	4	3	2	1	1	4	3	2
Formations recoupées	Cote au sol (toit du Quaternaire) <i>Chattien</i> (couches d'eau douce) <i>Rupélien</i> :	+ 224	+ 228	+ 229	+ 232	+ 232	+ 239	+ 239	+ 262	+ 256	+ 269	+ 268
	Marnes à Cyrènes	+ 180										
	Couches à Mélettes		+ 204	+ 196	+ 203	+ 197	+ 195		+ 241	+ 229		
	Schistes à Amphisiles					/	/		/			
	Marnes à Foraminifères		+ 180	+ 166	+ 119	+ 61			+ 230	+ 12		
	<i>Lattorien (Zss)</i> :											
	Zone à gypse	- 118	+ 176	+ 156	+ 113	+ 49	+ 109	+ 195	+ 222	+ 4	+ 234	+ 237
	Zone à sel gemme et à nodules d'anhydrite		+ 121	+ 81	+ 65	0	+ 99	+ 151	+ 125	- 33	+ 139	+ 148
	Zone bitumineuse supérieure		- 255	- 284	- 251	- 264	- 132	- 109	- 193	- 188	- 170	- 139
c. sup. de potasse		- 318	- 332			- 191		- 256	- 239	- 233	- 201	
c. inf. de potasse (Zsm)	- 493	- 337	- 349	- 299	- 303	- 207	- 186	- 279	- 258	- 252	- 221	
								- 217	- 297			
Fond du puits		- 503	- 366	- 365	- 326	- 326	- 235	- 227	- 310	- 321	- 271	- 244