



Notice des coupes hydrogéologiques de la feuille Strasbourg-Offenburg

**Beiheft zu den hydrogeologischen Schnitten
des Blattes Strasbourg-Offenburg**

**P. Elsass¹
S. Rau²**

**Janvier 1995
R 38272**

Projet DR EG 52

**¹ BRGM - Service Géologique Régional Alsace
15, rue du Tanin, Lingolsheim, B.P. 177, F-67834 Tanneries Cedex
² Geologisches Landesamt Baden-Württemberg
Albertstraße 5, D-79104 Freiburg**

AVANT-PROPOS - VORWORT

Le 3^{ème} Congrès Tripartite "Environnement Rhin Supérieur", réuni à Bâle les 7 et 8 mars 1991, s'était achevé par une déclaration commune sur la coopération dans le domaine de l'environnement, définissant des actions nécessaires et des propositions de projets.

Parmi les propositions figurait notamment : "Rassembler les données hydrogéologiques relatives à la gestion des eaux dans l'optique de la réalisation d'une cartographie thématique pour le Rhin supérieur". Les travaux ainsi recommandés font également partie du programme d'action de la Communauté Européenne sur les eaux souterraines décidé les 26 et 27 novembre 1991 ainsi que du relevé de décisions du 3^{ème} Conseil franco-allemand de l'environnement, tenu à Strasbourg le 31 août 1992.

La réalisation du projet "Cartographie hydrogéologique de la plaine du Rhin Supérieur" a été confiée au Comité d'experts "Qualité de l'eau et Hydrobiologie" dans le cadre du programme INTERREG de l'Union Européenne. La Région Alsace en est le Maître d'Ouvrage.

La base de toute cartographie hydrogéologique est la connaissance du sous-sol. Le présent ouvrage présente pour la première fois à un tel niveau de détail des coupes géologiques élaborées en commun par les autorités allemandes et françaises. Une collaboration efficace et harmonieuse s'est développée au cours des travaux. Il ne suffisait pas de maîtriser les deux langues, il a de plus fallu s'accorder sur les concepts, les définitions, les interprétations et les méthodes en usage dans les trois pays.

Les travaux présentés ici confortent notre assurance de voir se développer et se renforcer une coopération transfrontalière et pluridisciplinaire.

Der 3. Dreiländerkongress "Umwelt Oberrhein" am 7./8. März 1991 in Basel hatte als Ergebnis eine gemeinsame "Erklärung über Umweltzusammenarbeit am Oberrhein". Darin sind Handlungsbedarf und Projekte definiert.

Unter anderem ist darin festgelegt: "Sammeln und Verarbeiten der hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich relevanten Daten zu einem thematischen Kartenwerk". Die hier geforderten Arbeiten sind auch im Grundwasser-Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaft vom 26./27. November 1991 und in den Beschlüssen des 3. Deutsch-Französischen Umweltrates am 31. August 1992 in Straßburg enthalten.

Mit der Ausarbeitung des Projektes "Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene" im Rahmen des INTERREG-Programms der Europäischen Union, wurde der "Experten Ausschuß Wasserqualität und Hydrobiologie" beauftragt. Die Region Alsace hat die Federführung bei der Projektdurchführung.

Grundlage einer jeden hydrogeologischen Karte ist die Kenntnis des Untergrundes. Die vorliegende Arbeit enthält erstmalig, derart detailliert, geologische Schnitte, die zwischen den deutschen und französischen Behörden abgestimmt sind. Dabei hat sich eine effiziente und harmonische Zusammenarbeit entwickelt. Es genügt nicht, die Zweisprachigkeit zu meistern, es mußten vielmehr die in den drei Ländern gebräuchlichen Begriffe, Definitionen, Interpretationen und Methoden aufeinander abgestimmt werden.

Die hier vorliegenden Arbeiten stärken die Zuversicht, daß die grenzüberschreitende und fachübergreifende Zusammenarbeit weiter gedeiht und gefestigt wird.

Reinhart TRAUB

SOMMAIRE

TEXTE FRANCAIS	Pages/Seiten
1. GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE STRASBOURG-OFFENBURG	1
1.1. Géologie	1
1.2. Hydrogéologie	2
1.3. Forages remarquables	2
2. LES BANQUES DE DONNEES DE FORAGE.....	3
2.1. La banque de données française : BSS	3
2.2. La banque de forages du Bade-Wurtemberg : DASP	4
2.3. L'échange des données lithologiques	5
2.4. L'échange des coordonnées et des altitudes	6
3. TRACE ET INTERPRETATION DES COUPES.....	6
3.1. Méthode de tracé des coupes brutes utilisée au BRGM	6
3.2. Méthode de tracé des coupes hydrogéologiques utilisée au GLA	7
3.3. Commentaires et conclusions	8
 FIGURES/ABBILDUNGEN	
Figure 1 : Forages remarquables de la région de Strasbourg-Offenburg	10
Figure 2 : Légende de la figure 1	11
Figure 3 : Faciès-type de l'aquifère rhénan (figuré, définition succincte)	12
Figure 4 : Comparaison des classifications granulométriques des roches meubles utilisées au GLA et au BRGM	13
Figure 5 : Exemple de log de forage réalisé avec le logiciel GDM à partir des codes faciès	14
Figure 6 : Situation des coupes hydrogéologiques de la feuille Strasbourg-Offenburg	15
Figure 7 : Extrait d'une coupe interprétée habillée avec des logiciels graphiques	16
<i>Abbildung 1: Exemplarische Bohrungen aus dem Raum Strasbourg-Offenburg</i>	10
<i>Abbildung 2: Legende für Abbildung 1</i>	11
<i>Abbildung 3: Typische lithofazielle Einheiten des oberrheinischen Grundwasserleiters (Signatur, Kurzbeschreibung)</i>	12
<i>Abbildung 4: Vergleich der verwendeten Korngrößenbezeichnungen beim GLA und BRGM</i>	13
<i>Abbildung 5: Beispiel einer mit dem GDM-Programm (BRGM) erstellten Bohrprofilsäule</i>	14
<i>Abbildung 6: Lageplan der hydrogeologischen Schnitte auf dem Blatt Strasbourg-Offenburg</i>	15
<i>Abbildung 7: Ausschnitt aus einem interpretierten und mit einem Graphikprogramm bearbeiteten Profilschnitt (GLA)</i>	16

INHALT

DEUTSCHER TEXT

Seiten/pages

1. GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE IM RAUM STRASBOURG-OFFENBURG	17
1.1. Geologie	17
1.2. Hydrogeologie	18
1.2. Exemplarische Bohrungen.....	18
2. DATENBANKEN FÜR BOHR- UND AUFSCHLUSSDATEN	19
2.1. Die französische Datenbank: BSS.....	19
2.2. Das Bohrarchiv von Baden-Württemberg : DASP	20
2.3. Austausch lithologiebezogener Daten	21
2.4. Austausch von Koordinaten und Geländehöhen	22
3. ERZEUGUNG UND INTERPRETATION DER BOHRPROFILSCHNITTE	23
3.1. Erstellung von Rohprofilschnitten durch den BRGM	23
3.2. Erstellung von Hydrogeologischen Schnitten durch das GLA	24
3.3. Kommentar und Schlussfolgerungen	25

ANNEXES/ANHANG

Annexe 1 : Codes DASCH utilisés pour les coupes hydrogéologiques.

Annexe 2 : Codes faciès BRGM de l'aquifère rhénan triés par ordre alphabétique.

Anhang 1: Bei der Darstellung der hydrogeologischen Schnitte verwendete Kürzel des DASCH-Symbolschlüssels

Anhang 2: Lithofazies-Code des BRGM zur Beschreibung des oberrheinischen Grundwasserleiters (alphabetische Reihenfolge)

PLANCHES HORS TEXTE/TAFELN

Planche 1 : Coupe hydrogéologique Strasbourg-Offenburg 1 - Données de base.

Planche 2 : Coupe hydrogéologique Strasbourg-Offenburg 2 - Données de base.

Planche 3 : Coupe hydrogéologique Strasbourg-Offenburg 3 - Données de base.

Tafel 1: Profilschnitt Strasbourg-Offenburg 1 - Grunddaten.

Tafel 2: Profilschnitt Strasbourg-Offenburg 2 - Grunddaten.

Tafel 3: Profilschnitt Strasbourg-Offenburg 3 - Grunddaten.

1. GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE DE LA REGION DE STRASBOURG-OFFENBURG

1.1. GEOLOGIE

La région de Strasbourg-Offenburg est située dans le Fossé rhénan supérieur, structure de graben développée au cours des ères tertiaire et quaternaire par effondrement du fossé et surrection de ses flancs, les massifs des Vosges et de la Forêt Noire. Le remplissage du fossé comprend une puissante série oligocène à prédominance marine caractérisée par des dépôts évaporitiques et des couches bitumineuses, recouverte en grande partie par la sédimentation plio-quaternaire, et notamment par les alluvions fluviales du Rhin.

L'histoire géologique récente du Fossé rhénan, et notamment l'évolution du système hydrographique du Rhin au Pléistocène, a été d'une importance primordiale pour la formation de la nappe des alluvions de la région de Strasbourg-Offenburg, largement exploitée de nos jours. Lorsqu'au début du Quaternaire ancien l'ancienne ligne de partage des eaux dans la région du Kaiserstuhl fut surmontée, les eaux de fonte des glaciers alpins transportèrent vers le nord les matériaux d'érosion et les déposèrent dans le Fossé rhénan en cours d'effondrement. La tectonique synsédimentaire de l'époque des dépôts tertiaires et quaternaires a engendré un grand nombre de failles normales, à pendage oblique et de direction préférentiellement parallèle à la bordure du fossé. Le jeu de ces failles est à l'origine de la formation de compartiments parallèles à l'axe du Fossé, en position de horsts, de grabens ou de gradins de bordure. Les parties les plus effondrées se trouvent dans l'axe du Fossé ou à l'est de cet axe. La région de Strasbourg-Offenburg constituait globalement une dépression au Quaternaire, alors que la région contiguë au nord (région Rastatt-Karlsruhe) présentait une structure de seuil.

En règle générale, les alluvions sablo-graveleuses d'origine alpine reposent sur des sédiments à granulométrie plus fine du Pléistocène ancien et du Pliocène. Il n'est pas facile de distinguer nettement les dépôts pliocènes de ceux du Quaternaire ancien du fait de leur similitude de lithofaciès. La distribution irrégulière de la série pléistocène ancienne ainsi que l'incertitude sur la limite Pliocène-Pléistocène ajoutent à ces difficultés.

Le complexe alluvionnaire de la région de Strasbourg-Offenburg peut être subdivisé en trois parties : les alluvions graveleuses inférieures (*Unteres Kieslager*, en abrégé : UKL), moyennes (*Mittleres Kieslager* ou MKL) et supérieures (*Oberes Kieslager* ou OKL), séparées par des niveaux de sédiments détritiques à grain fin, de faible épaisseur, et d'extension discontinue. On rencontre également des passées de graviers très riches en éléments fins et des niveaux silteux discontinus dans les niveaux moyens et surtout dans les niveaux inférieurs des alluvions.

Des études récentes donnent à penser qu'à la fin des périodes froides, les eaux de fonte abondantes ont permis le transport rapide de grandes quantités d'éboulis conduisant à d'épais dépôts de sédiments grossiers. Lors des périodes chaudes par contre, l'énergie de transport était moindre et seuls des matériaux fins ont été apportés et déposés par les cours d'eau. L'alternance répétée de périodes froides et chaudes a par ailleurs entraîné des cycles d'érosion et de remaniement des dépôts plus anciens. Le résultat est un système alluvionnaire complexe constitué de séries sablo-graveleuses comportant des lentilles et des horizons à grain fin.

Les niveaux de sédiments détritiques à grain fin sont généralement discontinus, soit qu'ils aient été en partie érodés, soit qu'il s'agisse de dépôts lenticulaires. Les corrélations à l'échelle régionale, ou même d'un forage à l'autre, sont rarement possibles. Les horizons intercalaires inférieur et supérieur (*Obere Zwischenhorizont*, abrégé en OZH, et *Untere Zwischenhorizont* ou UZH) qui

séparent les alluvions inférieures, moyennes et supérieures dans la région de Strasbourg-Offenburg constituent une exception par leur relative continuité. De par leur épaisseur et leur distribution, ces intercalations peuvent constituer localement une barrière hydraulique efficace. Leur épaisseur peut atteindre 5 mètres, et la granulométrie de leur fraction fine va du limon argileux au sable fin.

Des niveaux consolidés conglomératiques ou ferrugineux (souvent décrits en allemand par le terme "*Nagelfluh*") sont fréquemment associés à ces intercalaires, mais leur distribution est très erratique. Les conglomérats résultent de la cimentation de niveaux graveleux par des carbonates, les niveaux ferrugineux de l'encroûtement des graviers et galets par des oxydes de fer.

1.2. HYDROGEOLOGIE

Les ressources en eaux souterraines sont liées aux parties sablo-graveleuses des alluvions quaternaires et pliocènes remplissant le Fossé rhénan. La structure multicouche de la série alluvionnaire conditionne son comportement hydrogéologique. Dans le secteur d'étude, l'aquifère du Quaternaire récent comprend schématiquement les niveaux supérieur, moyen et inférieur des alluvions graveleuses, séparés par les horizons intercalaires peu perméables plus ou moins continus. La base de l'ensemble des alluvions graveleuses est constituée par les dépôts de sables fins et d'argiles du Quaternaire ancien ou du Pliocène. On peut localement distinguer les aquifères du Quaternaire ancien, puis du Pliocène Supérieur et Inférieur sous-jacents. Par rapport aux aquifères plus profonds, c'est l'aquifère du Quaternaire récent qui présente les perméabilités et les productivités les plus importantes.

La nappe de la partie supérieure des alluvions ("OKL") est la plus largement exploitée pour l'approvisionnement en eau. Dans les secteurs où l'horizon intercalaire supérieur ("OZH") existe, celui-ci sépare un aquifère supérieur libre des aquifères inférieurs artésiens des niveaux moyen et inférieur des alluvions graveleuses. Du fait de l'irrégularité de son épaisseur et de sa composition allant du limon argileux au sable, la perméabilité verticale de l'OZH est très variable. Les conditions de dépôt de cet horizon sont comparables à celles de la zone de divagation du Rhin holocène, dont les alluvions remaniées et resédimentées peuvent présenter des chenaux à très forte perméabilité.

Au cours de la dernière glaciation et à l'Holocène, les cônes d'épandage des rivières des Vosges et de la Forêt Noire ont pu empiéter assez loin sur la plaine du Rhin. Ces dépôts compliquent la stratigraphie de la partie supérieure des alluvions. Ils comprennent des sédiments de basse énergie relativement fins, pouvant conduire à des perméabilités très réduites. Globalement, mis à part le cône de déjection de la Kinzig, le matériel provenant des Vosges ou de la Forêt Noire présente des perméabilités plus faibles que le matériel rhénan plus roulé et mieux classé.

Les perméabilités des alluvions diminuent nettement avec la profondeur. Ceci est dû à la plus grande proportion de fraction fine et au tassement des sédiments. L'horizon intercalaire inférieur présente des caractéristiques similaires à l'horizon intercalaire supérieur en ce qui concerne la distribution et la composition.

1.3. FORAGES REMARQUABLES

La description de deux forages nous permettra de mettre en relief les difficultés d'interprétation lithologique dans la région Strasbourg-Offenburg. Le forage de Sundheim (**figure 1**, N° 1) a été implanté en 1965 à l'emplacement du barrage de Kehl-Sundheim et le forage de Marlen (**figure 1**, N° 2) à 500 m au sud de Marlen-Goldscheuer dans la banlieue de Kehl, à environ 3 km au sud du précédent.

Dans le forage de Sundheim, on peut clairement distinguer les alluvions supérieures (OKL) et les alluvions moyennes (MKL) séparées par un intercalaire de détritiques fins (OZH) de 26 à 28 m de profondeur (cf légende, figure 2). Le sondage a été arrêté à 67 m dans des niveaux fins de l'intercalaire inférieur (UZH). Les deux niveaux d'alluvions comportent des passées silteuses et sableuses dont l'extension latérale paraît réduite d'après les profils des sondages voisins, et que l'on doit donc considérer comme des intercalations lenticulaires.

Dans le forage de Marlen par contre, il est difficile de subdiviser les alluvions grossières ; l'intercalaire supérieur n'est représenté que par une proportion plus élevée de sable fin de 32 à 34 m de profondeur, dans des graviers par ailleurs très homogènes. La limite des alluvions inférieures et moyennes (UKL - MKL) est également imperceptible, seul un tassement plus important permet de distinguer les alluvions inférieures. Les alluvions graveleuses sont présentes jusqu'à la cote d'environ 20 m au-dessus du niveau de la mer. La base de ces alluvions, qui constitue également la base de l'aquifère (le "substratum") est ici beaucoup plus profonde que dans les forages voisins. Ceci permet d'interpréter les alluvions grossières comme le remplissage d'une structure de chenal (RF, figure 1). Les sables et graviers perméables reposent sur des séries de sédiments fins peu perméables, que l'on peut attribuer au Quaternaire ancien (AQ) ou au Pliocène (tpl). Ce n'est qu'en-dessous de 160 m de profondeur que l'on rencontre des dépôts datés avec certitude du Pliocène par des études palynologiques. La limite stratigraphique entre les sédiments pliocènes et quaternaires ne peut être donc déterminée avec précision dans le forage de Marlen, comme dans la plupart des forages de la région Strasbourg-Offenburg, à cause de l'uniformité des faciès lithologiques. Le forage a été arrêté à 248 m dans marnes oligocènes qui constituent un socle imperméable (FG : *Festgestein*, figure 1).

2. LES BANQUES DE DONNEES DE FORAGE

2.1. LA BANQUE DE DONNEES FRANÇAISE : BSS

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), établissement public national français, collecte systématiquement des informations sur les sondages et autres ouvrages souterrains de plus de 10 m de profondeur, dans le cadre de l'application du Code Minier. Les données générales sur les ouvrages ainsi que les coupes géologiques sont ainsi informatisées depuis les années 70 dans une base de données sous le logiciel Oracle, dénommée Banque du sous-sol, en abrégé BSS. Les données géologiques de cette base sont d'accès public, mis à part de rares cas d'ouvrages classés confidentiels pour une durée légale de 10 ans.

Dans la région Strasbourg-Offenburg, près de 3000 forages ont été répertoriés par le Service Géologique Régional Alsace, dont 550 de plus de 20 m. Les données géologiques saisies en informatique comprennent, pour chaque niveau de l'ouvrage repéré par sa profondeur début et profondeur fin, la stratigraphie codifiée par mots-clés (Quaternaire, Plio-quaternaire, Pliocène par exemple) et une description lithologique. Après des essais initiaux d'utilisation de mots-clés, cette description consiste actuellement en un texte libre de 100 caractères.

La durée sur laquelle ces informations ont été collectées (plus de 20 ans) et la diversité de leur origine (descriptions de foreurs ou de géologues de différentes époques) entraînent une hétérogénéité dans les termes et la syntaxe employés, qui empêche un traitement complètement automatique de l'information lithologique.

Dans le cadre du Projet Interreg, il était nécessaire de pouvoir restituer rapidement sous forme graphique les données lithologiques concernant l'aquifère. La solution adoptée a été l'attribution d'un

code lithologique de 4 lettres aux faciès les plus fréquemment rencontrés, permettant une restitution automatique par des figurés correspondants (figure 3).

Afin de faciliter ce travail de codage (sur la feuille Strasbourg-Offenburg, plus de 3000 descriptions lithologiques ont dû être codées), un logiciel d'aide basé sur un catalogue de faciès a été développé. Ce logiciel propose des codes que le géologue doit valider, à partir d'une recherche semi-automatique de mots-clés et de leurs attributs dans les descriptions lithologiques.

2.2. LA BANQUE DE FORAGES DU BADE-WURTEMBERG : DASP

Les archives de sondages du Service Géologique du Bade-Wurtemberg (*Geologisches Landesamt Baden-Württemberg*, en abrégé GLA) contiennent des données de forage de tout le Land. Des dispositions légales permettent au GLA d'avoir accès aux résultats de tous les sondages exécutés dans le Land. Une banque de données informatique a été créée en 1985. Elle utilise le système informatique DASP, et les règles correspondantes de codification de la lithologie (codification DASCH).

Le contenu des archives de sondages n'a pas encore été complètement saisi en informatique. Cependant, la saisie des forages de la vallée du Rhin a été poursuivie de façon prioritaire sur les trois dernières années dans le cadre de projets de cartographie géologique et hydrogéologique et d'inventaires de ressources minérales. Les données disponibles dans la zone Strasbourg-Offenburg comprennent maintenant près de 3000 forages dont 600 de plus de 20 m de profondeur.

Le principe de codification informatique de la lithologie a été développé dans les années 70 au Service géologique de Basse-Saxe (NLfB) à Hanovre pour le logiciel DASCH (*Dokumentations- und Abfrageprogramm für Schichtenverzeichnisse*). La description lithologique se présente sous la forme d'un code alphanumérique permettant de transcrire les rubriques suivantes (cf annexe 1) :

- Profondeurs de début et de fin de la passe ;
- Stratigraphie de la passe (ex : Quaternaire (q), Holocène (qh), Tertiaire (t), Pliocène (tpl)...)
- Composants lithologiques principaux (ex : sable grossier (gS), gravier (G), argile (T), calcaire (^k), granite (+G)...) ;
- Composants lithologiques secondaires et remarques (ex : graveleux (g), sableux fin (fs), galets rares (fX), ferrugineux (efl)...) ;
- Genèse (sol (bo), loess (Loe), remblai (y)...) ;
- Couleur (rouge (ro), brun-rouge (bn-ro), rougeâtre (ro=)...) ;
- Commentaires, codés ou libres (ex : fin de forage (et), matériel alpin (mata), degré de consolidation (ld)...) .

Ce type de description basé sur la composition lithologique permet en principe de décrire tout type de roche d'après un catalogue de codification très complet mais complexe. Il est particulièrement adapté au traitement automatique des formations meubles hétérogènes.

2.3. L'ECHANGE DES DONNEES LITHOLOGIQUES

L'échange des données lithologiques entre les banques française et allemande est basé sur un lexique donnant la correspondance entre le code de faciès à quatre lettres du BRGM et son équivalent DASCH. Ce lexique repose sur un catalogue de faciès-type rencontrés dans le Fossé rhénan, établi en concertation entre le Service Géologique Régional Alsace et le GLA. Le catalogue complet est présenté en annexe 2 du présent document.

L'établissement de ce catalogue commun a mis en lumière un certain nombre de différences dans les descriptions lithologiques qu'il a fallu harmoniser. Les faciès de sables et graviers en particulier ont donné lieu à quelques difficultés (figure 3).

La description des sables dans le Bade-Wurtemberg privilégie la présence de sable fin, qui sert de critère de perméabilité, et qui a une grande importance pour la conception technique de l'équipement des piézomètres et des captages. Aussi avons-nous été amenés à créer un faciès "Sable mélangé" pour traduire les termes allemands "*Fein- bis Grobsand*" et "*Fein- bis Mittelsand*", désignant un sable hétérométrique comprenant une fraction de sable fin, souvent rencontré dans les descriptions allemandes, et à prendre pour équivalent des termes français de "Sable moyen" ou "Sable indifférencié" le terme allemand "*Mittel- bis Grobsand*", en considérant que la personne établissant le profil lithologique aurait très probablement noté la présence de sable fin s'il y en avait eu.

Quant aux graviers, la difficulté est venue des classes de granulométrie employées au-delà des sables (> 2 mm). En effet, on utilise généralement en Alsace pour ces granulométries la classification de Cailleux, soit les termes de "graviers" (< 20 mm), "galets" (< 200 mm), et "blocs" (> 200 mm). Au Bade-Wurtemberg, on utilise principalement les deux termes "*Kies*" (< 60 mm) et "*Stein*" (> 60 mm), correspondant à la classification d'origine anglo-saxonne de Wentworth (figure 4).

Etant donné que les alluvions du Rhin sont généralement des mélanges de sables, graviers et galets en proportions variables, et que l'on dispose rarement d'études granulométriques précises des passes de sondages, nous avons tourné la difficulté en introduisant une coupure de compromis de 100 mm et en définissant les faciès suivants :

- Mélange de graviers et de galets subordonnés (< 30 %), de taille généralement inférieure à 10 cm environ :

Graviers grossiers et galets (< 10 cm) = *Grobkies*

- Mélange de graviers et de galets abondants (> 30 %), dépassant 10 cm environ :

Graviers et galets abondants (> 10 cm) = *Kies, steinig*

- Mélange de graviers et de plus de 50 % de blocs dépassants 20 cm :

Blocs (roulés, anguleux) = *Gerölle, Blöcke*

Tous ces faciès peuvent bien sûr contenir du sable subordonné (jusqu'à 30 % environ), au-delà on aura des graviers sableux (sable > 30 %) ou des sables graveleux (sable > 50 %).

Une autre difficulté provient de l'usage en Alsace de termes géologiques consacrés par l'usage mais impropres, tels que "limon" et "lehm". Le terme "limon" qui devrait en principe désigner un matériau détritique de la granulométrie d'un silt (terme allemand "*Schluff*") est couramment employé pour désigner des dépôts superficiels plus ou moins argileux. Pour cette raison l'équivalent allemand serait plutôt "*Lehm*" qui désigne un matériau fin sablo-silto-argileux. Par contre le terme français "lehm" qui dérive de l'allemand "*Loesslehm*" désigne un loess argilisé par des processus de décalcification qu'il vaut mieux regrouper avec les faciès de type loessique.

2.4. L'ECHANGE DES COORDONNEES ET DES ALTITUDES

Le transfert des coordonnées et des altitudes n'est pas encore totalement résolu. En effet, côté français, on utilise les coordonnées en projection conique Lambert suivant plusieurs zones (Lambert Nord et Centre pour l'Alsace). Dans la Banque du sous-sol sont également stockées les coordonnées en Lambert 2 étendu qui permettent de couvrir toute la France. Une opération supplémentaire permet de convertir les coordonnées Lambert 2 étendu en coordonnées géographiques.

Côté allemand on utilise le système de projection cylindrique Gauss-Krüger. Une opération de conversion permet le passage aux coordonnées géographiques. Le transfert des coordonnées se fait donc par l'intermédiaire des coordonnées géographiques, chaque partenaire les retransformant dans son propre système de projection. Ces conversions en chaîne peuvent introduire une imprécision de plusieurs mètres.

Quant aux altitudes, la situation est encore plus complexe. Côté français, on a utilisé les altitudes NGF ortho jusqu'aux années 70 puis les altitudes NGF 69 (NGF : nivellement général de la France). De même, côté allemand, on est passé des altitudes *NN alt* à un nouveau repère *NN* (*NN* : *Normal Null*). La différence dans les deux cas est de l'ordre de 20 cm et il est souvent impossible de savoir quel est le système de référence employé.

Il n'existe pas de méthode de conversion simple de *NN* en NGF. Il est par contre possible côté allemand et côté alsacien de recalculer les altitudes en *NN alt*, qui est donc le seul système de référence commun actuellement disponible. Lorsqu'une précision centimétrique est indispensable, comme par exemple pour la comparaison de mesures piézométriques, il est donc nécessaire de convertir les données altimétriques dans ce système ancien. Dans le cas présent, comme les différences sont de l'ordre de 20 à 50 cm, nous avons considéré qu'elles étaient négligeables à l'échelle des coupes géologiques compte tenu de l'imprécision affectant les altitudes et les profondeurs elles-mêmes.

3. TRACE ET INTERPRETATION DES COUPES

3.1. METHODE UTILISEE AU BRGM

Les forages sont représentés sur les coupes géologiques sous forme d'une colonne (un "log" graphique) schématisant par des couleurs ou des figurés la succession des roches rencontrées. Le mode de représentation utilisé par le Service Géologique Régional Alsace est celui du logiciel GDM, développé par le BRGM depuis les années 1980. Des figurés en noir ou en couleur, dérivés des figurés utilisés classiquement sur les cartes géologiques, représentent les faciès-type identifiés par leur code faciès. Il s'agit par exemple de tiretés pour les argiles, de points pour les sables, de cercles pour les graviers et les conglomérats, de briques pour les calcaires (figure 5).

Les coupes verticales sont calculées par le logiciel GDM par projection orthogonale de la colonne du sondage sur le plan de coupe. Deux sondages placés sur une perpendiculaire à la coupe peuvent ainsi se trouver superposés sur le tracé. Dans ce cas on effacera les figurés d'un des deux sondages pour que le dessin soit lisible.

Le logiciel GDM a été utilisé pour l'établissement des coupes représentant les données lithologiques brutes, validées mais non interprétées. A côté du log graphique figure le code faciès de chaque passe du forage, permettant ainsi de se référer au catalogue des faciès. Ce type de coupe est très lisible pour des géologues, habitués à ce mode de représentation.

Dans une première étape de travail, les données de forage ont été extraites sous forme de fichiers texte de la Banque de données du sous-sol. Après codification de la lithologie, les données ont été importées dans le logiciel GDM et les coupes brutes ont été tracées. Elles ont fait l'objet de contrôles de la localisation des forages et de la cohérence des profils avec les données voisines.

Les données validées ont ensuite été remises au GLA qui a fourni une extraction de ses propres données, sous forme de fichier texte. Les données du GLA, codées dans le système DASCH, ont été traduites automatiquement en termes français puis codifiées et importées dans le logiciel GDM.

Les coupes transfrontalières complètes ont ensuite été tracées avec un profil topographique digitalisé à partir des cartes topographiques à 1/50 000. Leur localisation géographique est portée sur la figure 6. Ces coupes représentant les données lithologiques brutes ont servi de base aux corrélations et aux interprétations (planches 1 à 3). L'échelle horizontale adoptée est le 1/50 000, correspondant aux cartes piézométriques, tandis que l'échelle verticale est le 1/500, afin de pouvoir faire apparaître le détail de la lithologie des sondages. Il ne faut donc pas perdre de vue, dans l'interprétation des coupes, que l'échelle verticale est exagérée 100 fois par rapport à l'échelle horizontale.

3.2. METHODE UTILISEE AU GLA

Dans une première étape de travail, la base de données des sondages du GLA a été complétée dans le secteur Strasbourg-Offenburg. Tous les forages de plus de 20 m de profondeur situés dans une large bande autour des lignes de coupe prévues ont été saisis et codés d'après la codification DASCH. Ces données ont été jointes aux profils de sondages fournis par le BRGM pour constituer le fichier Interreg. Les données ont ensuite été reportées sur une carte de situation, afin de déterminer le tracé définitif des trois coupes, les points de jonction entre les parties allemandes et françaises des coupes ayant été choisis en commun auparavant.

L'étape suivante a été la création de tracés de coupes (au format VCGL). Le logiciel DASCH du NLfB permet de représenter à l'échelle les sondages sous forme de colonnes, soit projetées sur des plans de coupe nord-sud ou est-ouest, soit espacées proportionnellement à la distance entre forages. Dans le cas présent cette dernière option a été utilisée, de sorte que les coupes suivaient un tracé en zigzag différent de celui obtenu avec le logiciel GDM. Ce tracé de coupe a ensuite été rectifié "manuellement" au cours de l'étape d'habillage graphique décrite plus loin. Les composants principaux et secondaires de la lithologie peuvent être représentés au choix par des couleurs et des figurés. La gamme de couleurs peut être ajustée à volonté aux classes granulométriques que l'on veut mettre en évidence (voir la légende des coupes). Ici les coupes brutes (sans corrélations entre forages) ont été tracées avec un code couleur pour la lithologie principale et des figurés pour la lithologie secondaire. Les codes DASCH sont également reportés à côté de chaque passe pour référence.

La corrélation des faciès entre forages voisins et l'interprétation hydrogéologique des coupes ont ensuite été réalisées à partir des informations des sondages voisins, des travaux de géophysique, et surtout des connaissances des partenaires sur la géologie régionale des deux côtés du Rhin. Les résultats ont été reportés à la main sur les coupes brutes.

La dernière étape de travail a été l'habillage graphique des coupes brutes. Les fichiers VCGL ont été convertis en fichiers graphiques PostScript, utilisables par le logiciel de dessin Adobe Illustrator, avec lequel a été réalisé l'habillage des coupes (figure 7). Les colonnes de forages ont tout d'abord été rapprochées pour correspondre à une projection sur un plan de coupe. Les profils topographiques sont tracés d'après les cartes topographiques et les profils digitalisés par le Service Géologique Régional Alsace.

Les corrélations et interprétations hydrogéologiques ont été dessinées à la souris à main levée. Les niveaux peu perméables sont représentés en orange : les couches superficielles et les lentilles discontinues de matériel détritique fin en orange clair, les intercalaires principaux en orange foncé. La base des alluvions perméables (le "substratum") apparaît en gris.

L'avantage de la méthode réside surtout dans la représentation très claire des informations concernant l'hydrogéologie. De plus, il est très facile d'ajouter de nouveaux sondages aux coupes, ainsi que de modifier les interprétations pour tenir compte de connaissances nouvelles.

3.3. COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

Les trois coupes de la feuille Strasbourg-Offenburg, tracées avec des altitudes dilatées d'un facteur 100, mettent en évidence la géométrie de l'aquifère, constitué essentiellement de graviers et de sables du Quaternaire récent. La puissance maximale des dépôts, au centre du Fossé rhénan, atteint près de 135 m (planches 1 à 3).

L'intercalaire supérieur (OZH) n'est bien représenté que dans la coupe 2, où il a conservé une épaisseur suffisante pour avoir un impact significatif du point de vue de l'hydraulique. Il faut cependant noter que même sur cette coupe, il présente des lacunes dues soit à une érosion postérieure au dépôt soit à des variations latérales de faciès locaux. Sur les coupes 1 et 3 par contre, on ne reconnaît que des reliques de ce niveau à sédimentation fine, généralement de faible puissance.

Il en est de même de l'intercalaire inférieur (UZH), que l'on ne rencontre pas du tout dans la coupe 1. Le manque de forages profonds levés en détail sur les coupes 1 et 3 accroît la difficulté de faire des distinctions dans la partie inférieure des alluvions.

La base des alluvions sablo-graveleuses présente dans la zone étudiée une structure de chenal suivant approximativement le cours du Rhin actuel. Ce chenal relativement profond et large est rempli de sédiments grossiers, accroissant la puissance de l'aquifère. Nous n'avons pas d'indications claires sur l'âge de ce chenal et de son remplissage. A l'extrémité ouest des coupes, la partie inférieure des alluvions comprend des niveaux silteux ou argileux qui réduisent la puissance de l'aquifère. Vers l'est les alluvions inférieures et moyennes peuvent être plus condensées.

Les alluvions grossières très perméables reposent sur des sédiments d'âge quaternaire ancien à pliocène. Ces niveaux de sédiments relativement fins, très puissants dans la partie médiane du Fossé, forment un corps sédimentaire relativement imperméable en comparaison des alluvions grossières sus-jacentes, à l'exception de quelques chenaux sablo-graveleux isolés. Un conglomérat de base est présent localement.

De nombreuses failles reconnues par les sondages apparaissent sur les coupes. Généralement parallèles au Fossé, elles induisent de nets décalages de la base de l'aquifère. Il faut cependant remarquer que dans certains cas le caractère tectonique de ces décalages n'est pas prouvé, il peut aussi s'agir de structures dues à l'érosion que l'exagération des altitudes sur les coupes fait apparaître comme des grabens.

Enfin une observation intéressante peut être faite à propos de la coupe 2. Les niveaux détritiques fins, bien que présentant des variations importantes de profondeur d'un forage à l'autre, ont globalement un léger pendage vers l'est. Ceci pourrait être l'effet de mouvements subsidents très récents du Fossé rhénan.

Figures

Abbildungen

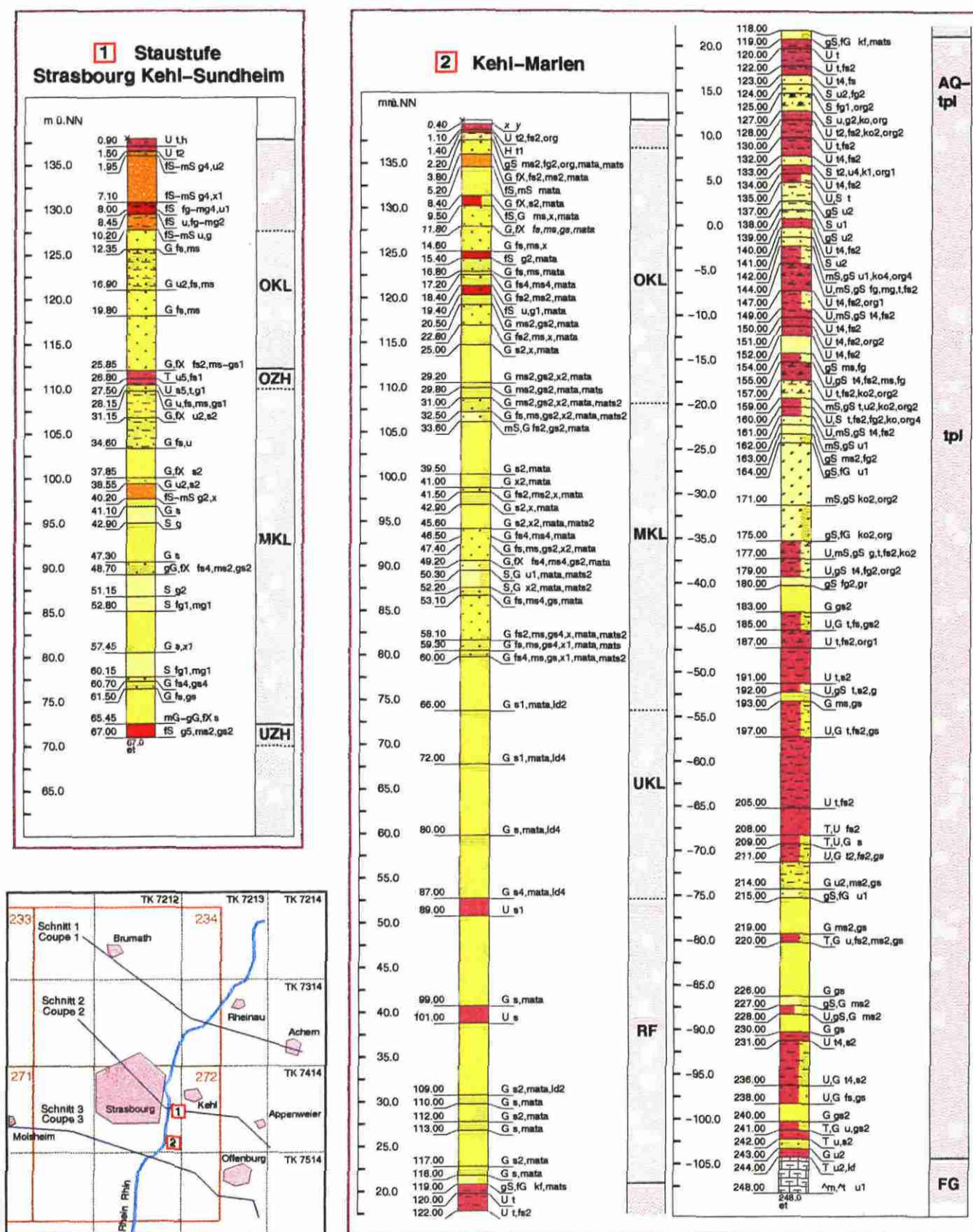


Figure 1 : Forages remarquables de la région de Strasbourg-Offenburg.

Abbildung 1: Exemplarische Bohrungen aus dem Raum Strasbourg-Offenburg.

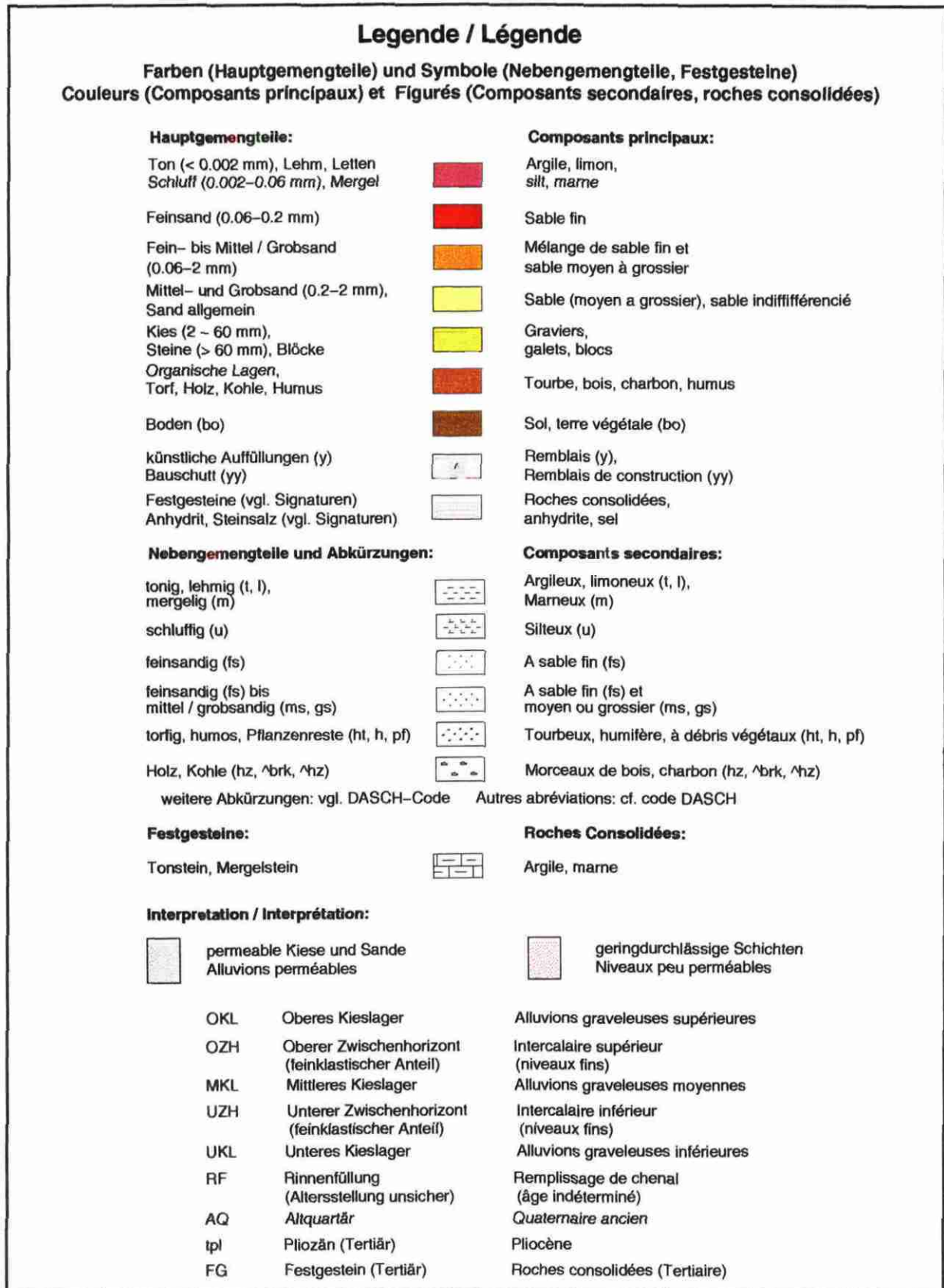


Figure 2 : Légende de la figure 1.

Abbildung 2: Legende für Abbildung 1.

B.R.G.M

Roches meubles - Lockergestein

	TERRE - BODEN
	LIMON (ARGILEUX) - LEHM
	LOESS, LEHM - LOESS, SCHLUFF
	ARGILE GRISE (SABLEUSE) - TON, GRAU
	MARNES GRISES - MERGEL, GRAU
	SABLE ARGILEUX - SAND, TONIG
	SABLE FIN - FEINSAND
	SABLE MOYEN - MITTEL- BIS GROBSAND
	SABLE MELANGE - FEIN- BIS GROBSAND
	SABLE GROSSIER - GROBSAND
	SABLE GRAVELEUX - SAND, KIESIG
	GRAVIERS FINS - FEINKIES
	GRAVIERS MOYENS - KIES, ALLGEMEIN
	GRAVIERS ARGILEUX - KIES, TONIG
	GRAVIERS SABLEUX - KIES, SANDIG
	GRAVIERS GROSSIERS (GALETS) - GROBKIES
	GRAVIERS, GALETS (>10CM) - KIES, STEINIG
	GRAVIERS FERRUGINEUX - KIES, FE-OXYD
	CONGLOMERAT (GRAVIERS) - "NAGELFLUH"
	BLOCS - BLOECKE (>20CM)

23-Mer-95

Figure 3 : Faciès-type de l'aquifère rhénan (figuré, définition succincte).

Abbildung 3: Typische lithofazielle Einheiten des oberrheinischen Grundwasserleiters (Signatur, Kurzbeschreibung).

Classification DASCH Korngrößen nach DIN 4022	Classifications de Cailleux et Wentworth Korngrößen nach Cailleux und Wentworth
Blöcke (> 200 mm)	Blocs (<i>Cailleux : > 200 mm</i> <i>Wentworth > 256 mm</i>)
Steine (60-200 mm)	Gros galets, gros cailloux (<i>Cailleux : galets > 20 mm,</i> <i>Wentworth : cobbles > 64 mm</i>)
Grus (<i>kantig</i> , 2-60 mm)	Gravier anguleux, petits cailloux
Grobgrus (20-60 mm)	Petits cailloux
Mittelgrus (6-20 mm)	Gravier anguleux grossier
Feingrus (2-6 mm)	Gravier anguleux fin
Kies (<i>gerundet</i> , 2-60 mm)	Gravier roulé, petits galets (<i>Cailleux : gravier > 2 mm</i> <i>Wentworth : pebbles > 4 mm</i>)
Grobkies (20-60 mm)	Petits galets (<i>Cailleux</i>), gravier grossier (<i>Wentworth</i>)
Mittelkies (6-20 mm)	Gravier grossier (<i>Cailleux</i>), gravier moyen (<i>Wentworth</i>)
Feinkies (2-6 mm)	Gravier fin
Sand (0.06-2 mm)	Sable
Grobsand (0.6-2 mm)	Sable grossier
Mittelsand (0.2-0.6 mm)	Sable moyen
Feinsand (0.06-0.2 mm)	Sable fin
Fein- bis Mittelsand (0.06-0.6 mm)	Sable fin à moyen (<i>hétérométrie</i>)
Fein- bis Grobsand (0.06-2 mm)	Sable fin à grossier (<i>hétérométrie</i>)
Mittel- bis Grobsand (0.2-2 mm)	Sable moyen à grossier (<i>hétérométrie</i>)
Schluff (0.002-0.06 mm)	Silt (<i>classification de Wentworth</i>)
Grobschluff (0.02-0.06 mm)	Silt grossier
Mittelschluff (0.006-0.02 mm)	Silt moyen
Feinschluff (0.002-0.006 mm)	Silt fin
Ton (< 0.002 mm)	Argile (<i>classification de Wentworth</i>)

Figure 4 : Comparaison des classifications granulométriques des roches meubles utilisées au GLA et au BRGM.

Abbildung 4: Vergleich der verwendeten Korngrößenbezeichnungen beim GLA und BRGM.

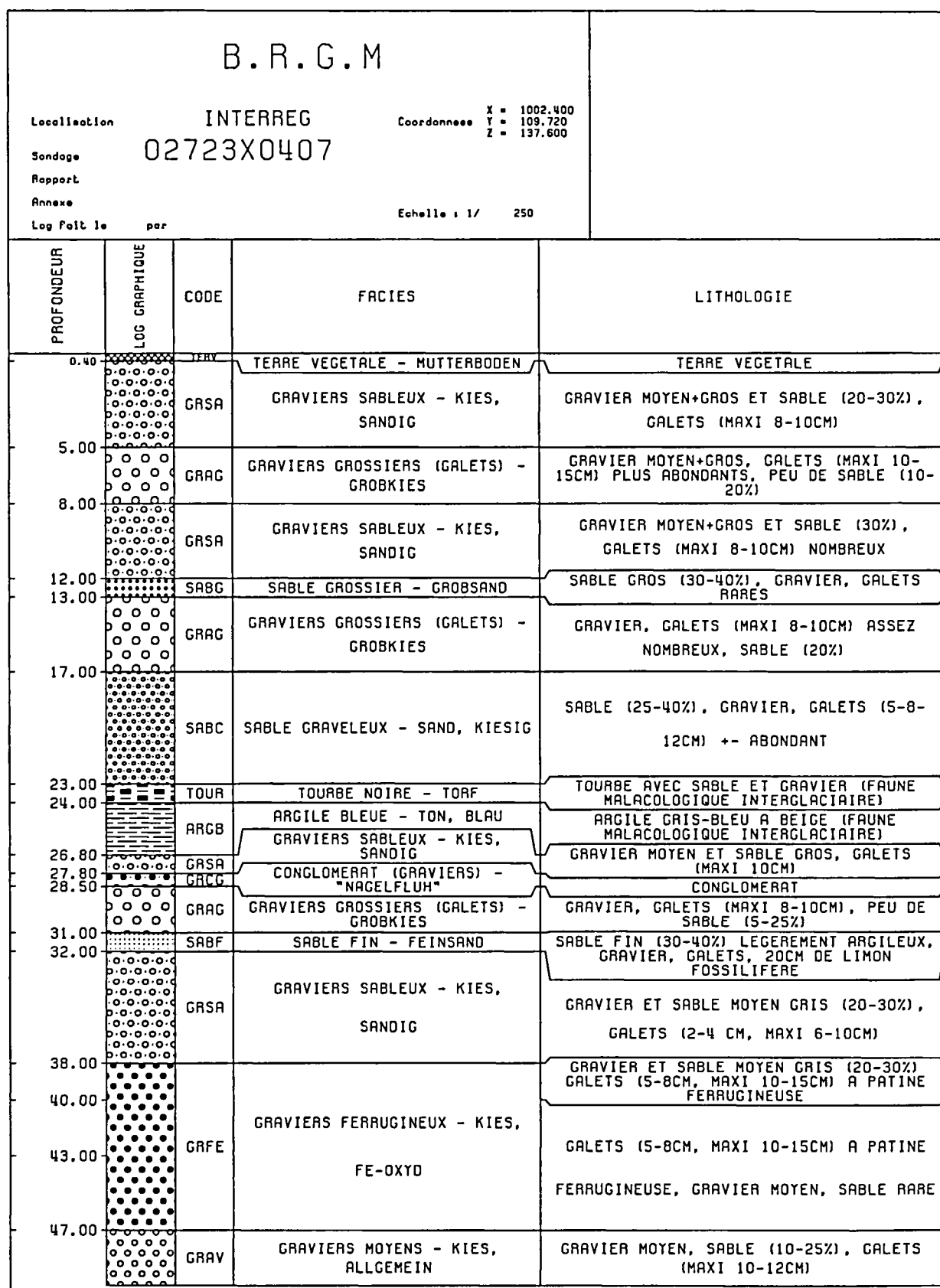


Figure 5 : Exemple de log de forage réalisé avec le logiciel GDM (BRGM) à partir des codes faciès.

Abbildung 5: Beispiel einer mit dem GDM-Programm (BRGM) erstellten Bohrprofilsäule.

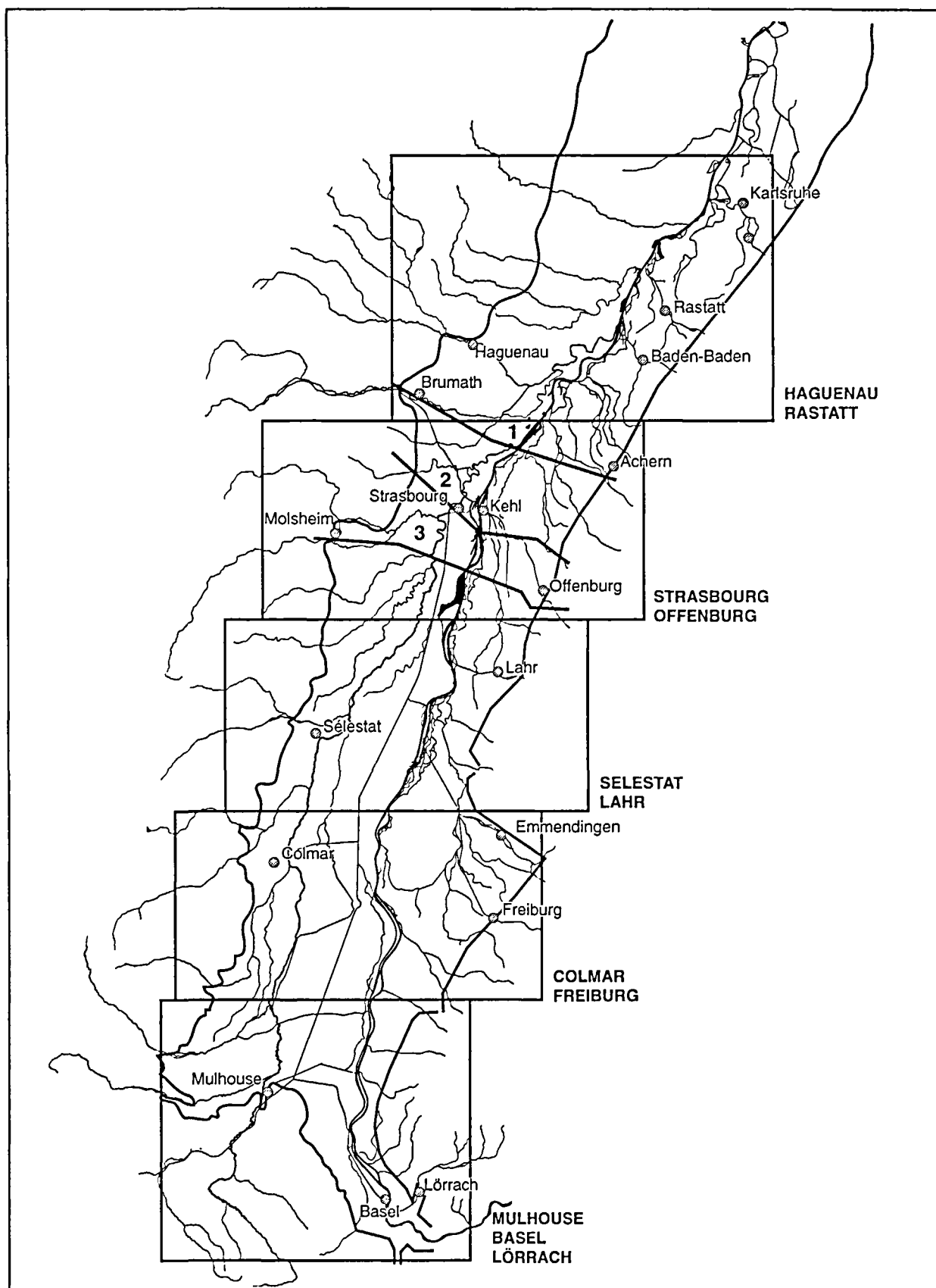


Figure 6 : Situation des coupes hydrogéologiques de la feuille Strasbourg-Offenburg.

Abbildung 6: Lageplan der hydrogeologischen Schnitte auf dem Blatt Strasbourg-Offenburg.

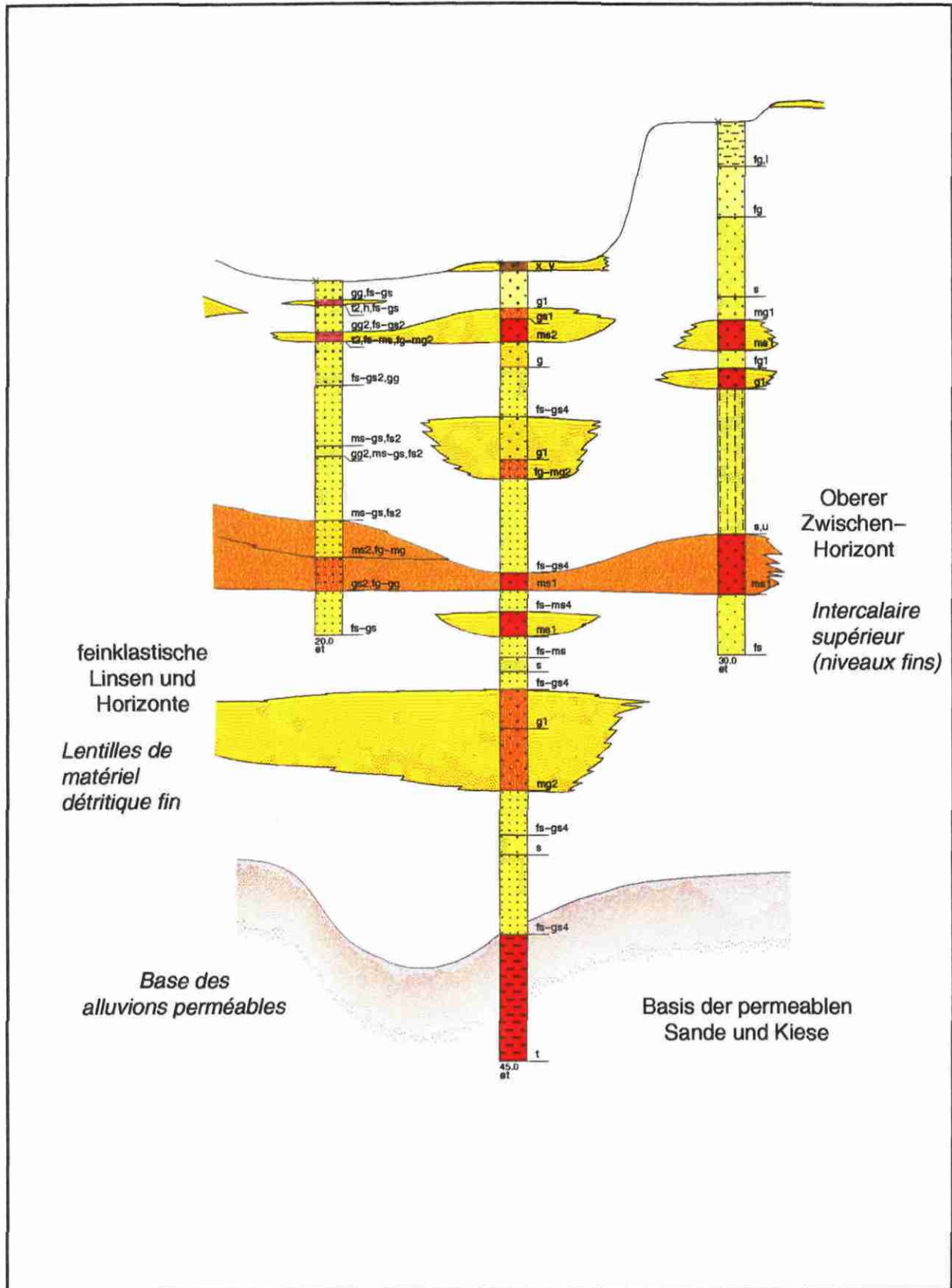


Figure 7 : Extrait d'une coupe interprétée habillée avec un logiciel graphique (GLA).

Abbildung 7: Ausschnitt aus einem interpretierten und mit einem Graphikprogramm bearbeiteten Profilschnitt (GLA).

1. GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE IM RAUM STRASBOURG-OFFENBURG

1.1. GEOLOGIE

Der Untersuchungsraum Strasbourg-Offenburg liegt vollständig im Oberrheingraben. Die Grabenstruktur entwickelte sich im Laufe des Tertiärs und Quartärs durch gleichzeitiges Einsinken des zentralen Bereiches und Hebung der Flanken (Schwarzwald, Vogesen). Die Grabenfüllung umfaßt mächtige und überwiegend marine Abfolgen des Oligozäns, die durch das Auftreten von evaporitischen Sedimenten und bituminösen Gesteinen gekennzeichnet sind. In weiten Bereichen werden diese oligozänen Ablagerungen von pliozänen und quartären Sedimenten überdeckt. Dabei handelt es sich vorwiegend um fluviale Ablagerungen des Rheins.

Die jüngere geologische Geschichte des Oberrheingrabens, insbesondere die pleistozäne Entwicklung des Rheinflußsystems, war für die Ausbildung der heute genutzten Grundwasserleiter im Raum Strasbourg-Offenburg von großer Bedeutung. Nach Überwindung der ehemaligen Wasserscheide in der Kaiserstuhlregion zu Beginn des Altquartärs trugen die Schmelzwasserfluten der alpinen Gletscher den Abtragungsschutt der Alpen nach Norden und luden ihn in dem sich weiter eintiefenden Oberrheingraben ab. Die synsedimentäre Tektonik während der Ablagerung tertiärer und quartärer Sedimente äußert sich in einfachen, schräg einfallenden Störungen, die bevorzugt parallel zum Grabenrand orientiert sind. Diese Abschiebungen führten zur Entstehung von Rand- und Grabenschollen. Die größten Absenkungen finden sich im Grabenzentrum oder östlich davon. Großräumig betrachtet bildete der Raum Strasbourg-Offenburg im Quartär eine Kiessenke, an die sich nach Norden (Raum Rastatt-Karlsruhe) eine deutliche Schwellenregion anschließt.

Die alpinen Kies- und Sandschüttungen werden in der Regel von frühpleistozänen und pliozänen, allgemein feinklastischeren Sedimenten unterlagert. Eine klare Unterscheidung zwischen altquartären und pliozänen Ablagerungen wird durch deren lithofazielle Ähnlichkeit erheblich erschwert. Die unregelmäßige Verteilung und Erhaltung der frühpleistozänen Abfolge und die uneinheitliche Definition der Plio- und Pleistozän-Grenze im allgemeinen stellen weitere Probleme dar.

Im Raum Strasbourg-Offenburg werden die quartären Kiesschüttungen in ein Unteres (UKL), Mittleres (MKL) und Oberes Kieslager (OKL) unterteilt, die durch geringmächtige, nicht überall abgelagerte oder erhaltene feinklastische Sedimenthorizonte voneinander getrennt werden. Im Mittleren und insbesondere im Unteren Kieslager treten sehr feinkornreiche kiesige Partien und unregelmäßig verbreitete Schlufflagen auf.

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, daß am Ende der Kaltzeiten große Schmelzwassermengen einen schnellen, umfangreichen Gerölltransport ermöglichten und zu mächtigen grobklastischen Ablagerungen führten. Während der Warmzeiten konnte dagegen bei sinkender Transportenergie nur feinkörniges Material von den Fließgewässern mitgeführt und sedimentiert werden. Der mehrfache Wechsel von Kalt- und Warmzeiten führte neben diesen Prozessen immer wieder zu Erosion und Umlagerung älterer Ablagerungen. Im Endeffekt entstand ein komplexer Sedimentkörper aus sandig-kiesigen Abfolgen und feinkörnigen Linsen und Horizonten.

Die feinklastischen Horizonte weisen in der Regel Lücken und Erosionsfenster auf oder wurden überhaupt nur linsenartig abgelagert. Korrelationen über weite Räume oder von Bohrung zu Bohrung sind deshalb nur selten möglich. Der Obere (OZH) und Untere Zwischenhorizont (UZH), welche die zuvor beschriebenen Kieslager im Raum Strasbourg-Offenburg voneinander trennen, stellen eine Ausnahme dar. In Bezug auf ihre Mächtigkeit und relativ weit aushaltende Verbreitung bilden diese Zwischenhorizonte örtlich die wirksamsten hydraulischen Sperrschichten. Ihr feinklastischer Anteil

umfaßt Korngrößen von tonigem Schluff bis Feinsand als Hauptbestandteile. Sie erreichen Mächtigkeiten von bis zu 5 Metern.

Oft stark eisenhaltige, verbackene konglomeratische Lagen (auch als "Nagelfluh" oder "nagelfluhartig" beschrieben) treten häufig in einer Abfolge mit feinklastischen Einschaltungen auf. Im allgemeinen folgt die Verteilung dieser Linsen und gering aushaltenden Horizonte im Sedimentkörper jedoch keinem erkennbaren Muster. Die Nagelfluhhorizonte entstehen durch eine karbonatische Zementation kiesiger Lagen. In den stark eisenhaltigen Horizonten sind vor allem die gröberen Komponenten von Eisenoxidkrusten überzogen.

1.2. HYDROGEOLOGIE

Die Grundwasservorkommen sind an die kiesigen und sandigen Anteile der quartären und pliozänen Rheingrabenfüllung gebunden. Der vielschichtige Aufbau der Lockergesteinsabfolge prägt die hydrogeologischen Verhältnisse. Die jungquartären Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet bestehen im Idealfall aus einem Oberen, einem Mittleren und einem Unteren Kieslager (OKL, MKL, UKL), die durch hydraulisch wirksame, mehr oder weniger kontinuierliche Zwischenhorizonte getrennt werden. Die Basis des gesamten Kieslagers wird in der Regel von tonigen bis feinsandigen Ablagerungen des Altquartärs oder Pliozäns gebildet. Nach unten folgen, falls vorhanden, der Altquartäre und anschließend der Obere und Untere Pliozäne Grundwasserleiter. Im Vergleich zu den tiefer liegenden Aquiferen weist der kiesige Anteil des Jungquartärs die größten Durchlässigkeiten und Ergiebigkeiten auf.

Das OKL ist der wasserwirtschaftlich am intensivsten genutzte Grundwasserleiter. In den Bereichen, in denen ein Oberer Zwischenhorizont (OZH) abgelagert wurde und erhalten blieb, trennt er den oberen freien von den unterlagernden gespannten Aquifern des MKL und UKL. Aufgrund seiner unregelmäßigen Mächtigkeit und Zusammensetzung von tonig-schluffig bis sandig schwankt die vertikale Durchlässigkeit des OZH stark. Während der Sedimentation des OZH herrschten zum Teil Verhältnisse, die mit denen während der holozänen Rheinauenbildung vergleichbar sind. In diesen Aufarbeitungs- und Umlagerungssedimenten können rinnenartig sehr hohe Durchlässigkeiten auftreten.

Während der letzten Eiszeit und im Holozän stießen Schwemmfächer der Vogesen- und Schwarzwaldflüsse bis weit in die Rheinebene vor. Deren Ablagerungen führen im Bereich des Oberen Kieslagers zu weiteren Differenzierungen. Mit abnehmender Transportkraft wurden zunehmend feinere Sedimente abgelagert, so daß die Durchlässigkeiten im Vogesen- oder Schwarzwaldmaterial entsprechend stark sinken. Insgesamt sind die Durchlässigkeiten deutlich geringer als im länger transportierten und besser sortierten Rheinmaterial. Nur im Mündungstrichter der Kinzig werden adäquate Werte erreicht.

Die Durchlässigkeiten nehmen mit zunehmender Tiefe deutlich ab. Dieser Umstand läßt sich auf steigende Feinkornanteile und eine dichtere Lagerung der Sedimente zurückführen. Der Untere Zwischenhorizont (UZH) weist ähnliche Merkmale wie der OZH bezüglich seiner Verbreitung und Ausbildung auf.

1.3. EXEMPLARISCHE BOHRUNGEN

Anhand zweier Bohrungen sollen die Schwierigkeiten dargelegt werden, die sich bei der Interpretation und Korrelation von Bohrprofilen im Raum Strasbourg-Offenburg ergeben können. Die Bohrung Sundheim (Abb.1, Nr.1) wurde 1965 an der Staustufe Kehl-Sundheim niedergebracht, während die ca. 3 Kilometer südlicher gelegene Bohrung Marlen (Abb.1, Nr.2) 1990 ungefähr 500 Meter südlich des Kehler Vorortes Marlen-Goldscheuer abgeteuft wurde.

An der Bohrung Sundheim lassen sich deutlich das Obere und das Mittlere Kieslager unterscheiden, da sie durch den feinklastisch ausgebildeten Oberen Zwischenhorizont in dem Bereich zwischen ca. 26 und 28 m Tiefe voneinander getrennt werden (Legende: Abb.2). Die Bohrung endet im feinklastischen Anteil des Unteren Zwischenhorizontes bei 67 m. Auch innerhalb beider Kieslager treten schluffigere Partien sowie feinsandige Lagen auf, deren laterale Ausdehnung nach einem Vergleich mit umliegenden Bohrungen jedoch gering zu sein scheint. Demnach müssen sie als linsenförmige Einschaltungen interpretiert werden.

An der Bohrung Marlen lassen sich dagegen die jungquartären Kieslager kaum voneinander trennen. Der Obere Zwischenhorizont deutet sich lediglich durch höhere Feinsandanteile und geringmächtige Sandlagen zwischen ca. 32 und 34 m in den ansonsten homogenen Kiesen an. Die Grenzziehung zwischen Mittlerem und Unteren Kieslager ist ebenfalls unsicher. Nur die erhöhte Lagerungsdichte im Bereich des Unteren Kieslagers liefert Anhaltspunkte für eine Unterscheidung. Die Kiessande reichen bis auf ein Niveau von ca. 20 m ü.NN.. Im Vergleich liegt diese Basis, die gleichzeitig die untere Grenze des Aquifers darstellt, sehr viel tiefer als in den umliegenden Bohrungen. Diese Beobachtung erlaubt eine Interpretation der darüberliegenden grobklastischen Sedimente als Füllung einer rinnenförmigen Struktur (RF, Abb.1). Die permeablen Kiese und Sande werden von generell feinkörnigen, undurchlässigeren Abfolgen unterlagert. In der Regel können diese Sedimente dem Altquartär (AQ) oder Pliozän (tpl) zugeordnet werden. Durch Pollenuntersuchungen sicher belegte Ablagerungen pliozänen Alters werden erst in einer Tiefe von 160 Metern unter Gelände angetroffen. Eine klare stratigraphische Trennung altquartärer und pliozäner Sedimente aufgrund ihrer lithologischen Zusammensetzung ist in der Bohrung Kehl-Marlen wie in vielen anderen Bohrungen des Bereiches Strasbourg-Offenburg nicht möglich. Die Bohrung endet in einer Tiefe von 248 m in oligozänen Mergeln, die einen impermeablen Untergrund bilden (FG: Festgestein, Abb.1).

2. DATENBANKEN FÜR BOHR- UND AUFSCHLUSSDATEN (BRGM UND GLA)

2.1. DIE FRANZÖSISCHE DATENBANK: BSS

Der BRGM (*Bureau de Recherches Géologiques et Minières*) ist eine öffentliche französische Einrichtung und sammelt in Anwendung des Bergbaugesetzes systematisch Informationen über Bohrungen und andere Untergrundaufschlüsse mit mehr als 10 m Tiefe. Sowohl die allgemeinen Bohr- und Aufschlußdaten als auch die geologischen Schnitte werden seit den 70er Jahren in einer Datenbank ("*Banque du Sous-Sol*", abgekürzt "BSS") mit dem Programm Oracle verwaltet. Die geologischen Daten sind im allgemeinen öffentlich zugänglich, nur in Ausnahmefällen werden sie für die Dauer von 10 Jahren vertraulich behandelt.

Im Raum Strasbourg-Offenburg wurden knapp 3000 Bohrungen durch den Geologischen Dienst der Region Elsaß (*Service Géologique Régional Alsace*) archiviert. 550 dieser Datensätze beschreiben Bohrungen mit mehr als 20 m Endteufe. Die erfaßten geologischen Daten umfassen eine durch Schlüsselwörter codifizierte Stratigraphie (z.B. "*Quaternaire*", "*Plio-quaternaire*", "*Pliocène*") und eine lithologische Beschreibung für jede durch Anfangs- und Endteufe gekennzeichnete Schicht der Bohrung. Nach anfänglichen Versuchen mit Schlüsselwörtern besteht die lithologische Beschreibung zur Zeit aus einem frei wählbaren Klartext mit bis zu 100 Buchstaben.

Der Zeitraum, in dem diese Informationen gesammelt wurden (mehr als 20 Jahre) und die Verschiedenartigkeit der Informationsquellen (Bohrmeisterangaben oder Beschreibungen durch Geologen aus unterschiedlichen geowissenschaftlichen "Schulen") verursachten eine uneinheitliche

Verwendung von Bezeichnungen und Fachausdrücken. Die daraus resultierende Heterogenität innerhalb des Datensatzes verhinderte eine vollständig automatisierte Verarbeitung der lithologischen Informationen.

Im Rahmen des Projektes Interreg mußte eine Methode entwickelt werden, um die den Aquifer betreffenden lithologischen Daten möglichst rasch und einfach in graphischer Form darstellen zu können. Zur Lösung dieser Aufgabe wurde den am häufigsten auftretenden lithologischen Faziestypen ein aus 4 Buchstaben bestehender Code zugeordnet. Dieses Verfahren erlaubt die automatisierte graphische Darstellung der jeweiligen Lithofazies durch entsprechende Signaturen (Abb.3).

Um die Arbeit bei der Umsetzung der Daten mit dem Symbolschlüssel zu erleichtern (im Raum Strasbourg-Offenburg mußten mehr als 3000 lithologische Beschreibungen codiert werden), wurde ein Hilfsprogramm entwickelt, das auf einem Fazies-Katalog basiert. Einer halbautomatischen Suche nach Schlüsselwörtern und Attributen in den lithologischen Beschreibungen folgend schlägt dieses Programm einen bestimmten Code vor. Dieser muß dann durch einen Geologen bestätigt werden.

2.2. DAS BOHRARCHIV VON BADEN-WÜRTTEMBERG: DASP

Im Bohrarchiv des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg werden Bohrberichte aus dem gesamten Landesgebiet gesammelt. Dem Amt stehen aufgrund gesetzlicher Bestimmungen (Reichslagerstättengesetz) die Ergebnisse aus allen im Landesgebiet durchgeführten Bohrungen zur Verfügung. 1985 wurde mit dem Aufbau einer Bohrdatenbank begonnen. Zur Anwendung kam das Programmsystem DASP (Dokumentations- und Abfragesystem für Schicht- und Probendaten), nach dessen Regeln schichtbezogene geowissenschaftliche Daten verschlüsselt und erfaßt wurden.

Der Altbestand aus dem Bohrarchiv konnte bis heute nicht vollständig in die Datenbank überführt werden. Die Bearbeitung von Bohrungen aus dem Rheintal wurde in den vergangenen drei Jahren im Rahmen von Projekten zur geologischen, hydrogeologischen und rohstoffkundlichen Kartierung jedoch vorrangig betrieben. So umfaßt der Datenbestand im Raum Strasbourg-Offenburg mittlerweile knapp 3000 Bohrungen, von denen rund 600 tiefer als 20 Meter abgeteuft wurden.

Der Symbolschlüssel für die automatische Verarbeitung von Schichtbeschreibungen ("DASCH", Dokumentations- und Abfrageprogramm für Schichtenverzeichnisse) wurde in den 70er Jahren am Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) in Hannover entwickelt. Die lithologische Beschreibung besteht aus einem alphanumerischen Symbolsystem, mit dem Informationen aus den folgenden Rubriken verschlüsselt werden können (vgl. Anhang 1):

- Anfangs- und Endteufe des Schichtgliedes
- Stratigraphische Stellung des Schichtgliedes (z.B. Quartär (q), Holozän (qh), Tertiär (t), Pliozän (tpl), etc.)
- Lithologische Hauptgemengteile (z.B. Grobsand (gS), Kies (G), Ton (T), Kalkstein(^k), Granit (+G), etc.)
- Lithologische Nebengemengteile mit Zusatzinformationen (z.B. kiesig (g), feinsandig (fs), einzelne Steine (fX), eisenfleckig (efl), etc.)
- Genese des Schichtgliedes (z.B. Boden (bo), Löß (Lo), künstliche Auffüllung (y), etc.)
- Farbe (z.B. rot (ro), braun-rot (bn-ro), rötlich (ro=), etc.)
- Zusatzzeichen (z.B. Endteufe (et), alpines Material (mata), Lagerungsdichte (ld), etc.)

Im Prinzip erlaubt der DASCH-Symbolschlüssel eine korrekte Beschreibung jeder Art von Gestein. In der Praxis können ausführliche lithologische Ansprachen jedoch zu einem sehr komplexen Code

Rapport BRGM - R 38272 20

führen. Besonders gute Ergebnisse lassen sich mit Hilfe des DASCH-Symbolschlüssels bei der elektronische Verarbeitung von Daten aus heterogenen Lockergesteinsabfolgen erzielen.

2.3. AUSTAUSCH LITHOLOGIEBEZOGENER DATEN

Der Austausch lithologischer Daten zwischen der französischen und deutschen Datenbank basiert auf einem Lexikon, mit dem sich der vierstellige Fazies-Code des BRGM in eine äquivalente Beschreibung nach dem DASCH-Symbolschlüssel umwandeln läßt. Das Lexikon entstand in Absprache zwischen dem Service Géologique Régional Alsace und dem GLA und besteht aus einem Katalog von typischen lithofaziellen Einheiten, die im Oberrheingraben angetroffen werden. Der komplette, hier verwendete Katalog findet sich im Anhang 2 dieses Beiheftes.

Bei der Entwicklung des gemeinsamen Kataloges traten eine Reihe von grundsätzlichen Unterschieden bei Korngrößenansprachen auf französischer und deutscher Seite zu Tage. Diese Differenzen mußten ausgeräumt werden, um eine einheitliche Bedeutung und Interpretation der lithologischen Daten zu gewährleisten. Vor allem die Definition von Sanden und Kiesen verursachte eine Anzahl von Schwierigkeiten (Abb.3).

Bei der Klassifizierung von Sanden wird auf baden-württembergischer Seite besonderer Wert auf die Präsenz von Feinsand gelegt. Der Feinsandanteil stellt ein wichtiges Kriterium bei der Beurteilung der Permeabilitäten dar und ist für den technischen Ausbau von Brunnen und Meßstellen sehr wichtig. Um eine Übersetzungsmöglichkeit für das in deutschen Bohrprofilen häufig beschriebene Gemisch von Sand mit einem ausdrücklich erwähnten Anteil von Feinsand ("Feinsand bis Grobsand", "Feinsand bis Mittelsand") zur Verfügung zu haben wurde im französischen der Begriff "*Sable mélangé*" eingeführt. Die Bezeichnung "Mittel- bis Grobsand", beziehungsweise "Sand" wurde im Französischen mit "*Sable moyen*" oder "*Sable indifférencié*" gleichgesetzt. Diese Einteilungen erfolgten unter der Annahme, daß in der Regel Feinsand bei der Bohrprofilaufnahme ausdrücklich erwähnt wird, wenn er in größerer Menge auftritt (Hauptgemengteil).

Weiterhin ergaben sich Schwierigkeiten bei der Verwendung von Bezeichnungen für alle Korngrößen oberhalb von Sand (> 2 mm), daß heißt für Kiese, Steine und Blöcke. Im Elsaß wird generell die Korngrößenklassifikation nach CAILLEUX verwendet. Der Begriff "*graviers*" umfaßt dabei Kiese bis 20 mm, der Begriff "*galets*" Kiese und Steine von 20 bis 200 mm und der Begriff "*blocs*" Steine, Blöcke und Gerölle über 200 mm Durchmesser. In Baden-Württemberg werden die Begriffe Kies (< 60 mm) und Steine (> 60 mm) in Anlehnung an die aus dem Angelsächsischen übernommene Klassifikation nach WENTWORTH verwendet (Abb.4).

In Anbetracht der Tatsachen, daß zum einen die quartären Ablagerungen im Bereich des Oberrheingrabens generell aus einer Mischung von Sanden, Kiesen und Steinen in veränderlichen Proportionen zueinander bestehen und daß zum anderen die Bohrbeschriebe selten präzise Korngrößenansprachen enthalten, wurde als Kompromiß eine Grenze von 100 mm Durchmesser definiert, um Kiese und Steine, bzw. Blöcke und Gerölle voneinander zu trennen. Daraus leiteten sich die folgenden Übersetzungen von Korngrößen ab:

- Mischung aus Kiesen und untergeordnet Steinen ($< 30\%$), generell alle Komponenten kleiner als 100 mm

Gravier grossier et galets (< 100 mm) = Grobkies

- Mischung aus Kiesen und zahlreichen Steinen ($> 30\%$), Komponenten bis über 100mm Größe

Gravier et galets abondants (> 100 mm) = Kies, steinig

- Mischung aus Kiesen und mehr als 50% Blöcken, bzw. Geröllen über 200 mm Durchmesser

Blocs (roulés, anguleux) = Gerölle, Blöcke

Alle diese Gruppen können untergeordnet (< 30%) Sand enthalten. Darüber hinaus wurde zwischen "*graviers sableux*" (sandiger Kies, Sand < 30%) und "*sables graveleux*" (kiesiger Sand, Sand > 50%) unterschieden.

Ein weiteres Problem stellt im Elsaß die Verwendung von häufig, aber meist unpräzise gebrauchten geologischen Begriffen wie "*limon*" oder "*lehm*" dar. "*Limon*" ist im Prinzip ein detritisches Material mit der Korngröße von Silt (im Deutschen etwa gleichbedeutend mit Schluff), wird aber laufend für mehr oder weniger tonige Ablagerungen verwendet. Aus diesem Grund sollte "*limon*" bei der Übertragung ins Deutsche eher mit dem Begriff "Lehm" gleichgesetzt werden, der ein tonig-schluffig-sandiges Material beschreibt. Im Gegensatz dazu leitet sich der französische Begriff "*lehm*" von dem deutschen "Lößlehm" ab und beschreibt einen durch Entkalkungsprozesse verlehmtten Löß. Französischer "*lehm*" sollte daher grundsätzlich eher als Material der Lößfazies betrachtet werden.

2.4. AUSTAUSCH VON KOORDINATEN UND GELÄNDEHÖHEN

Die Probleme bei der Umwandlung von Koordinaten und Geländehöhen sind noch nicht vollständig gelöst. Auf französischer Seite werden die Koordinaten nach der konischen Lambert-Projektion berechnet, und zwar für verschiedene Zonen ("*Lambert Nord*" und "*Lambert Centre*" für das Elsaß). In der Datenbank "Banque du Sous-Sol" werden die Koordinaten gleichzeitig im System "*Lambert 2 étendu*" gehalten, das die gesamte Fläche von Frankreich abdeckt. Eine zusätzliche Operation ermöglicht die Umwandlung dieser "Lambert 2 étendu"-Werte in geographische Koordinaten.

Auf deutscher Seite wird das System der zylindrischen Gauss-Krüger-Projektion verwendet. Mit Hilfe zusätzlicher Programme lassen sich die Werte in geographische Koordinaten umrechnen. Zum Austausch zwischen Frankreich und Deutschland wandelt daher jede Seite ihre Daten in geographische Koordinaten um und gibt diese an die andere Seite weiter, wo sie wiederum in das örtlich verwendete System umgerechnet werden. Die verschiedenen Umwandlungsprozesse führen zu Ungenauigkeiten von einigen Metern.

Bei den Geländehöhen ergibt sich eine weitaus kompliziertere Situation. Auf französischer Seite verwendete man bis in die 70er Jahre das Höhensystem "*NGF ortho*", danach das System "*NGF 69*" (*NGF* = *nivellement général de la France*). Genauso ist man auf deutscher Seite von dem System "NN alt" zum neuen System "NN" (NN = Normal Null) übergegangen. Der Unterschied beträgt in beiden Fällen etwa 20 cm. In der Regel ist es unmöglich herauszufinden, auf welchem der Referenzsysteme die Höhenangaben beruhen.

Des weiteren existiert keine einfache Umwandlungsmethode für Höhenangaben von NN auf NGF oder umgekehrt. Beide Höhensysteme lassen sich jedoch auf "NN alt" umrechnen. Werden z.B. für den Vergleich von Grundwasserständen cm-genaue Angaben benötigt, so muß auf dieses alte System zurückgegriffen werden. Da sich die Differenzen in einer Größenordnung von 20 bis 50 cm bewegen bleibt ihr Einfluß auf die Darstellung und Interpretation von Profilschnitten vernachlässigbar gering, vor allem unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten, die mit den eigentlichen Höhenangaben und Bohrteufen einhergehen.

3. ERZEUGUNG UND INTERPRETATION DER PROFILSCHNITTE

3.1. ERSTELLUNG VON ROHPROFILSCHNITTEN DURCH DEN BRGM

Die Bohrungen werden auf geologischen Schnitten in Gestalt von Säulen ("graphisches Log") dargestellt. Mit Hilfe von Farben oder Symbolen werden die angetroffenen Abfolgen von Sedimenten und Gesteinen schematisch dargestellt. Die beim Service Géologique Régional Alsace verwendete Methode zur Erzeugung von Profilschnitten beruht auf einer Anwendung des Programms GDM, das seit den 80er Jahren beim BRGM entwickelt wurde. Die schwarzweißen oder farbigen Symbole wurden aus den traditionell in geologischen Karten verwendeten Zeichen abgeleitet und repräsentieren unterschiedliche lithofazielle Einheiten, die durch ihren Fazies-Code identifiziert werden können. Beispielsweise handelt es sich um Querstriche für Ton, Punkte repräsentieren Sand, zur Darstellung von Kies und Konglomeraten werden Kreise verwendet und Ziegelsteinmuster symbolisieren Kalksteine (Abb.5).

Die Profilschnitte lassen sich mit dem Programm GDM erzeugen, die Bohrprofilsäulen werden dabei orthogonal auf eine festgelegte Schnittpur projiziert. Wenn zwei Bohrungen nach der Projektion übereinanderliegen, wird die Darstellung der Symbole und Muster von einer der beiden Säulen unterdrückt, um die Qualität der Abbildung zu erhalten.

Das Programm GDM wurde für die Erstellung von Profilschnitten verwendet, die in erster Linie die lithologischen Grundinformationen wiedergeben sollen, in übersichtlicher Darstellung, aber nicht interpretiert. Neben dem graphischen Log findet sich der Fazies-Code jeder Schicht und ermöglicht einen schnellen Vergleich mit den Erklärungen im Katalog der lithofaziellen Einheiten. Dieser Typ von Profilschnitten bietet dem Geologen, der in der Regel an diese Art der Beschreibung gewöhnt ist, eine klare und leicht verständliche Darstellung.

In der ersten Stufe der Erstellung von Schnitten wurden die Grunddaten in Form von Textdateien aus der Datenbank "*Banque du Sous-Sol*" ausgelagert. Die lithologischen Abfolgen wurden dann mit Hilfe des Symbolschlüssels codiert. So konnten sie in das Programm GDM importiert und dort zu Rohprofilschnitten weiterverarbeitet werden. Anschließend wurden die Lokalisationen der Bohrungen überprüft und die Übereinstimmungen oder Differenzen zwischen den dargestellten Bohrprofilen und einigen in der Nähe liegenden Aufschlüssen ausgewertet.

Die bestätigten Daten wurden in Form von Textdateien dem GLA übergeben, das seinerseits ebenfalls eine Auswahl seiner überarbeiteten Bohrprofile geliefert hatte. Die Daten aus dem Archiv des GLA, codiert nach dem Symbolschlüssel DASCH, wurden automatisch in französische Begriffe übersetzt, danach entsprechend dem französischen Fazies-Code verschlüsselt und in das Programm GDM importiert.

Die aus dem gesamten Datenmaterial erstellten, grenzüberschreitenden Profilschnitte wurden mit einer Topographie kombiniert, die auf der Digitalisierung von Karten im Maßstab 1 : 50 000 basiert. Die geographische Lage der Schnittpuren ist in Abbildung 6 gekennzeichnet. Die fertigen Schnitte repräsentieren die lithologischen Rohdaten und dienen als eine Basis der nachfolgenden Korrelationen und Interpretationen (siehe Tafel 1 bis 3).

Der verwendete Horizontalmaßstab von 1 : 50 000 orientiert sich an der Karte der Grundwassergleichen. Der Vertikalmaßstab in den Schnitten beträgt dagegen 1 : 500, um auch feine Details der lithologischen Beschreibungen in den Bohrprofilsäulen darstellen zu können. Bei der

Betrachtung dürfen jedoch die Effekte nicht außer Acht gelassen werden, die auf dieser einhundertfachen Überhöhung beruhen.

3.2. ERSTELLUNG VON HYDROGEOLOGISCHEN SCHNITTEN DURCH DAS GLA

In einem ersten Arbeitsschritt wurde die Datenbank (Bohrarchiv) des GLA im Bereich Strasbourg-Offenburg ergänzt. Im weiteren Umkreis um die drei zu erstellenden Profilschnitte wurden alle Bohrungen mit Endteufen über 20 m erfaßt und ihre Schichtbeschreibungen nach dem DASCH-System verschlüsselt. Zusammen mit den vom BRGM gelieferten Bohrprofilbeschreibungen bildeten diese Datensätze die Interreg-Projektdatei. Aus dem gesamten Datensatz wurde in einem zweiten Schritt eine Bohrpunktkarte erstellt, um die endgültige Lage der drei Schnittlinien festzulegen. Die Anknüpfungspunkte auf französischer und deutscher Seite waren zuvor in gemeinsamer Absprache ausgewählt worden.

Der folgende Arbeitsgang umfaßte die Erstellung der Profilschnitt-Graphiken (VCGL-Format). Mit dem Programm DASP des NLfB lassen sich Bohrungen als Säulenprofile darstellen, wahlweise projiziert auf Nord-Süd- oder Ost-West-Schnittlinien oder im echten Abstand zueinander. Für die Profilschnitte im Interreg-Projekt wurde die letzte Möglichkeit gewählt, so daß die Profillinie anders als bei dem französischen Programm GDM zunächst eine Zickzacklinie bildete. Die Projektion der einzelnen Bohrpunkte auf eine gerade Profillinie erfolgte erst im Stadium der graphischen Überarbeitung (siehe unten). Haupt- und Nebengemengteile können in den Bohrprofilsäulen nach freier Definition durch Farben und Signaturen unterschieden werden. Korngrößenklassen lassen sich beliebig zusammenfassen und farblich codieren (vgl. Legende zu den Profilschnitten). Als Ergebnis eines Programmdurchlaufs von DASP erhält man Rohprofilschnitte mit farbigen Profilsäulen und aufgedruckten, schwarzen Symbolen. Die Farben repräsentieren die Hauptgemengteile jeder angetroffenen Schicht, die Symbole beschreiben alle hydrogeologisch relevanten Nebengemengteile (z.B. Feinsand, Ton, Schluff). Neben jedem Schichtglied sind zur einfachen Referenz sämtliche im Bohrbescrieb erwähnten Nebengemengteile und wichtige Zusatzinformationen (z.B. Id4 = stark verfestigt) als DASCH-Kürzel ausgedruckt.

Die lithofazielle Korrelation von Bohrung zu Bohrung und die hydrogeologische Interpretation der Bohrprofile erfolgte unter Heranziehung von Informationen aus umliegenden Bohrungen, aus geophysikalischen Untersuchungen und vor allem mit dem "*know how*" der jeweiligen Gebietsbearbeiter auf beiden Seiten des Rheins. Die Ergebnisse wurden anschließend per Hand auf den Rohprofilschnitten eingezeichnet.

Der letzte Arbeitsschritt bestand aus der graphischen Bearbeitung der Rohprofilschnitte. Die VCGL-Dateien wurden in PostScript-Graphikdateien umgewandelt. Mit dem Graphikprogramm Adobe Illustrator ließen sich die so erzeugten Dateien bis zur endgültigen Darstellungsform weiterbearbeiten (Abb.7). Dazu wurden zunächst die einzelnen Bohrprofilsäulen zusammengeschoben, entsprechend der Projektion auf eine gerade Profillinie. Das verwendete topographische Profil beruht auf der Auswertung von Karten und auf der digitalisierten Topographie des Service Géologique Régional Alsace.

Die lithofaziellen Korrelationen und Interpretationen wurden mit Hilfe der Computermouse auf die Graphik übertragen. Gering durchlässige Abfolgen sind orangefarben dargestellt, die Deckschichten sowie die feinklastischen, unzusammenhängenden Linsen erscheinen in hellorange, die Zwischenhorizonte (OZH, UZH) in dunkelorange. Die Basis der permeablen Sande und Kiese (Grundwasserleiter) erscheint in grau. Zuletzt wurden Beschriftungen für geographische und geologische Merkmale und die Legende eingefügt.

Der Vorteil dieser Methodik ist vor allem die übersichtliche Darstellung der hydrogeologisch relevanten Informationen. Zudem lassen sich neu hinzukommende Bohrprofile unkompliziert in die Graphiken einbauen. Auch die Interpretationen, die sich auf die Lithofazies und die hydrogeologischen Eigenschaften des Sedimentkörpers beziehen, können leicht einem erweiterten Kenntnisstand angepaßt werden.

3.3. KOMMENTAR UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die 3 Profilschnitte, bei denen Horizontal- und Vertikalmaßstab im Verhältnis 1 : 100 stehen, geben Einblicke in den Aufbau des Grundwasserleiters aus vorwiegend jungquartären Kiesen und Sanden. Ihre größte Mächtigkeit erreichen die Ablagerungen im zentralen Bereich des Rheingrabens mit ca. 135 Metern.

Der Obere Zwischenhorizont ist lediglich im Schnitt 2 deutlich verfolgbar und in genügend großer Mächtigkeit erhalten geblieben, um überhaupt hydraulisch nennenswert wirksam zu sein. Allerdings treten auch in diesem Schnitt bereichsweise Lücken innerhalb des ansonsten durchhaltenden Horizontes auf. Sie weisen auf postsedimentäre Erosion oder kleinräumige laterale Fazieswechsel hin. In den Profilschnitten 1 und 3 lassen sich dagegen nur noch Relikte dieses feinklastischen Horizontes mit zudem meist geringer Mächtigkeit erkennen.

Ähnliches trifft auch für den Unteren Zwischenhorizont zu, der im Schnitt 1 gar nicht mehr angetroffen wird. Der Mangel an qualitativ hochwertigen, tieferen Bohrungen auf Schnitt 1 und 3 erschwert zusätzlich eine Trennung von Mittlerem und Unterem Kieslager.

Die Basis der Kiese und Sande im untersuchten Gebiet fällt zum Zentrum des Grabens hin durch die Anlage einer Rinnenstruktur deutlich ab (etwa parallel zum heutigen Rheinverlauf). Diese relativ tiefe und breite Rinne wurde mit gröberklastischen Sedimenten gefüllt und dadurch die Mächtigkeit des Hauptgrundwasserkörpers zur Tiefe hin wesentlich vergrößert. Für die Altersstellung der Rinnenstruktur und ihrer Füllung liegen keine eindeutigen Hinweise vor.

Im westlichen Randbereich der Profilschnitte sind im Unteren Kieslager schluffige oder tonige Einschaltungen enthalten, welche die Mächtigkeit des Aquifers verringern. Nach Osten können Unteres und Mittleres Kieslager stärker kondensiert sein.

Die gut durchlässigen gröberklastischen Abfolgen werden von altquartären und pliozänen Sedimenten unterlagert. Diese im zentralen Bereich des Grabens meist sehr mächtigen Schichten bilden im Vergleich zu den überlagernden jungquartären Kiessanden durch ihre überwiegend feinkörnige Ausbildung einen relativ impermeablen Sedimentkörper, der nur von einzelnen kiesig-sandigen Rinnenzügen durchzogen wird. Stellenweise ist ein Basiskonglomerat entwickelt.

Grabenrandparallel treten zahlreiche, durch Bohrungen gesicherte Störungen in Erscheinung, die zu einem deutlichen Versatz der Kiesbasis führen. In einigen Fällen ist der tektonische Abschiebungscharakter nicht eindeutig belegbar, hierbei könnte es sich auch um erosiv angelegte Strukturen handeln, die nur durch die starke Überhöhung der Profilschnitte so deutlich in Erscheinung treten.

Eine weitere interessante Beobachtung läßt sich am Oberen Zwischenhorizont in Profilschnitt 2 machen. Trotz starker Schwankungen von Bohrung zu Bohrung kann ein schwaches Einfallen der feinklastischen Schichten nach Osten hin festgestellt werden. Dies könnte ein Hinweis auf sehr junge Senkungsaktivitäten im Rheingraben sein.

Annexe 1

Codes DASCH utilisés pour les coupes hydrogéologiques

Anhang 1

Bei der Darstellung der hydrogeologischen Schnitte
verwendete Kürzel des DASCH-Symbolschlüssels

Beschreibung	DASCH-Schlüssel Code DASCH	Description
--------------	-------------------------------	-------------

Petrographie: Haupt- und Nebengemengteile

Composants principaux et secondaires de la lithologie

Blöcke	mX	blocs
vereinzelte Steine	fX	galets peu abondants
steinig (Steine)	x (X)	à galets (galets)
kiesig (Kies)	g (G)	graveleux (gravier)
grobkiesig (Grobkies)	gg (gG)	petits galets
mittelkiesig (Mittelkies)	mg (mG)	gravier grossier
feinkiesig (Feinkies)	fg (fG)	gravier fin
sandig (Sand)	s (S)	sableux (sable)
grobsandig (Grobsand)	gs (gS)	sable grossier
mittelsandig (Mittelsand)	ms (mS)	sable moyen
feinsandig (Feinsand)	fs (fS)	sable fin
schluffig (Schluff)	u (U)	silteux (silt)
tonig (Ton)	t (T)	argileux (argile)
lehmig (Lehm)	l (L)	limoneux (limon)
mergelig (Mergel)	m (M)	marneux (marne)
Kalkstein	^k	calcaire
Mergelstein	^m	marne indurée
Tonstein	^t	argilite
Sandstein	^s	grès
Glimmer	"gl"	mica

Petrographie und/oder Zusatzzeichen

Remarques sur la pétrographie ou la lithologie

wechsellagernd	wl	alternance
nach unten zunehmend	unz	augmentant vers le bas
grusig	gr	anguleux (gravier)
verwittert	vw	altération superficielle
glimmerig	gli	avec des micas
Kruste	ex	encroûtement
Eisenkruste	ex("e")	encroûtement ferrugineux
eisenfleckig	efl	ferrugineux
Oxydationsflecken	oxfl	oxydé
organische Komponenten	org	matière organique
bituminös	bit	bitumineux
humos (Humus)	h (H)	humifère
torfig	ht	tourbeux

durchwurzelt	hw	avec racines
pflanzliche Reste	pf	restes de plantes
Holz	hz	bois
kohlig	ko	charbonneux
Durchmesser höchstens	duh	diamètre maximal
Bänke	ban	bancs
Knollen	knv	concrétions
Bänder	bnv	rubané
Lagen	lg3	intercalations
Linse	ls	lentille
Linsen	ls3	lentilles
partienweise	pw	partiellement
Reste	res	restes
fossilführend	fo	fossilifère
Schneckenschalen	gas	coquilles d'escargots
kalkfrei	kf	non carbonaté
kalkhaltig	k, car	carbonaté

Relative Mengenangabe bei Nebengemengteilen

Proportions relatives des composants secondaires

sehr schwach	1 (als Zusatz)	très rare
schwach	2	rare
normal	3	fréquent
stark	4	abondant
sehr stark	5	très abondant

Genese

Genèse

Boden	bo	sol
künstliche Auffüllung	y	remblais
Bauschutt	yy	remblais de construction
Löß	Lo	loess
Schwemmlöß	Lou	loess remanié

Farbe

Couleur

schwarz	sw	noir
graubraun	grbn	gris-brun
gelb bis braun	ge-bn	jaune à brun
rötlich	ro=	rougeâtre

Zusatzzeichen

Commentaires

locker	lc	non consolidé
locker gelagert	ld2	peu consolidé
dicht gelagert	ld4	consolidé
hart gelagert	ld5	très consolidé
hart	hf	dur, durci
Schwarzwaldmaterial	mats	matériel de la Forêt Noire
Alpenmaterial	mata	matériel alpin
Endteufe	et	profondeur finale (sondage)

Annexe 2

Codes faciès BRGM de l'aquifère rhénan
triés par ordre alphabétique

Anhang 2

Lithofazies-Code des BRGM zur Beschreibung des
oberrheinischen Grundwasserleiters
(alphabetische Reihenfolge)

CODE Description - Kurzbezeichnung

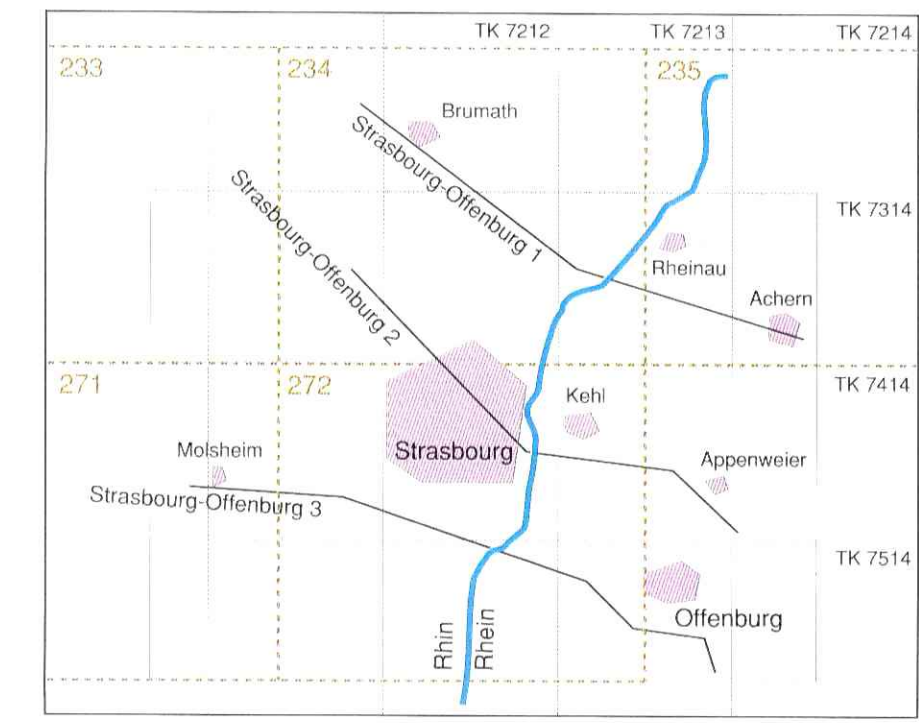
AGRA	Arène granitique - Granitgrus
ALLR	Alluvions récentes - Flussablagerung
ARCA	Argiles calcaires - Tonstein, kalkig
ARDO	Argiles dolomitiques - Tonstein, dolomitisch
ARFE	Argile ferrugineuse - Ton, Oxydflecken
ARGA	Argile à graviers/galets - Ton, kiesig
ARGB	Argile bleue - Ton, blau
ARGI	Argile grise (sableuse) - Ton, grau (sandig)
ARGJ	Argile jaune - Ton, gelb
ARGL	Argile blanche - Ton, weiss
ARGM	Argile brune - Ton, braun
ARGN	Argile noire - Ton, schwarz
ARGO	Argile ocre - Ton, ocker
ARGR	Argile rouge - Ton, rot
ARGV	Argile verte - Ton, grün
ARHY	Argiles à anhydrite - Tonstein, Anhydrit
ARSL	Argiles salifères - Tonstein, Salzlagen
ARTO	Argile tourbeuse - Ton, torfig
BLOC	Blocs - Blöcke (>20 cm)
BOIS	Morceaux de bois - Holzreste
BREC	Brèche - Breccie, allgemein
BREP	Brèche de pente - Hangbildung
BRES	Brèche sédimentaire - Breccie, sedimentär
BRET	Brèche tectonique - Breccie, tektonisch
CALC	Calcaire - Kalkstein
CALT	Calcaires & marnes - Kalkstein & Mergelstein
CAMA	Calcaire marneux - Kalkstein, mergelig
CAOO	Calcaire oolithique - Oolithkalkstein
CGFE	Conglomérat ferrugineux - Fe-Nagelfluh
CONG	Conglomérat - Konglomerat
DEPT	Dépôt inconnu - Unbekannte Schicht
DOLO	Dolomie - Dolomit
ELUV	Eluvions - Eluvium
FAIL	Passage de faille - Störungszone
GALT	Grès & argiles - Sandstein & Ton
GNEI	Gneiss - Gneis
GRAA	Graviers argileux - Kies, tonig
GRAC	Graviers, galets (>10 cm) - Kies, steinig
GRAF	Graviers fins - Feinkies
GRAG	Graviers grossiers (galets) - Grobkies
GRAN	Granite - Granit
GRAR	Grès argileux - Sandstein, tonig
GRAV	Graviers moyens - Kies, allgemein
GRBO	Gravier avec bois - Kies, Holzreste
GRCA	Grès calcaireux - Sandstein, kalkig
GRCG	Conglomérat (graviers) - "Nagelfluh"

GRES	Grès - Sandstein
GREJ	Grès jaune - Sandstein, gelb
GRER	Grès rouge - Sandstein, rot
GRFE	Graviers ferrugineux - Kies, Fe-Oxyd
GRSA	Graviers sableux - Kies, sandig
GRSI	Graviers à dépôt siliceux - Kies, Quarzüberzüge
HYDR	Anhydrite - Anhydrit
LIGN	Lignite - Braunkohle
LIMB	Limon bleu à lignite - Lehm, blau, Holzreste
LIMO	Limon (argileux) - Lehm
LOES	Loess, lehm - Loess, Schluff
LUMA	Lumachelle - Kalkstein mit Muschelschalen
MADO	Marnes dolomitiques - Mergelstein, dolomitisch
MAFE	Marnes ferrugineuses - Mergelstein, Fe-Oxyd
MAHY	Marnes à anhydrite - Mergelstein, Anhydrit
MARB	Marnes bleues - Mergel, blau
MARG	Marnes grises - Mergel, grau
MARJ	Marnes jaunes - Mergel, gelb
MARN	Marnes noires - Mergel, schwarz
MARR	Marnes rouges - Mergel, rot
MARV	Marnes vertes - Mergel, grün
MASA	Marnes sableuses - Mergelstein, sandig
MASL	Marnes salifères - Mergelstein, Salzlagen
POUD	Poudingue - Konglomerat (gerundet)
REMB	Remblais - Auffüllung
REMC	Remblais de construction - Bauschutt
SAAR	Sable argileux - Sand, tonig
SABB	Sable blanc - Sand, weiss
SABC	Sable graveleux - Sand, kiesig
SABF	Sable fin - Feinsand
SABG	Sable grossier - Grobsand
SABJ	Sable jaune - Sand, gelb
SABL	Sable moyen - Mittel- bis Grobsand
SABM	Sable mélangé - Fein- bis Grobsand
SABO	Sable ocre - Sand, ocker
SABR	Sable rouge - Sand, rot
SABV	Sable vert - Sand, grün
SAFE	Sable fin ferrugineux - Feinsand, Fe-Oxyd
SALZ	Sel massif - Steinsalz, massig
SCHF	Schistes à poissons - Fisch-Schiefer
SCHI	Schistes - Tonschiefer
SCHN	Schistes noirs - Schwarzschiefer
TERN	Terre noire - Boden, schwarz
TERR	Terre - Boden
TERV	Terre végétale - Mutterboden
TOUR	Tourbe noire - Torf, schwarz

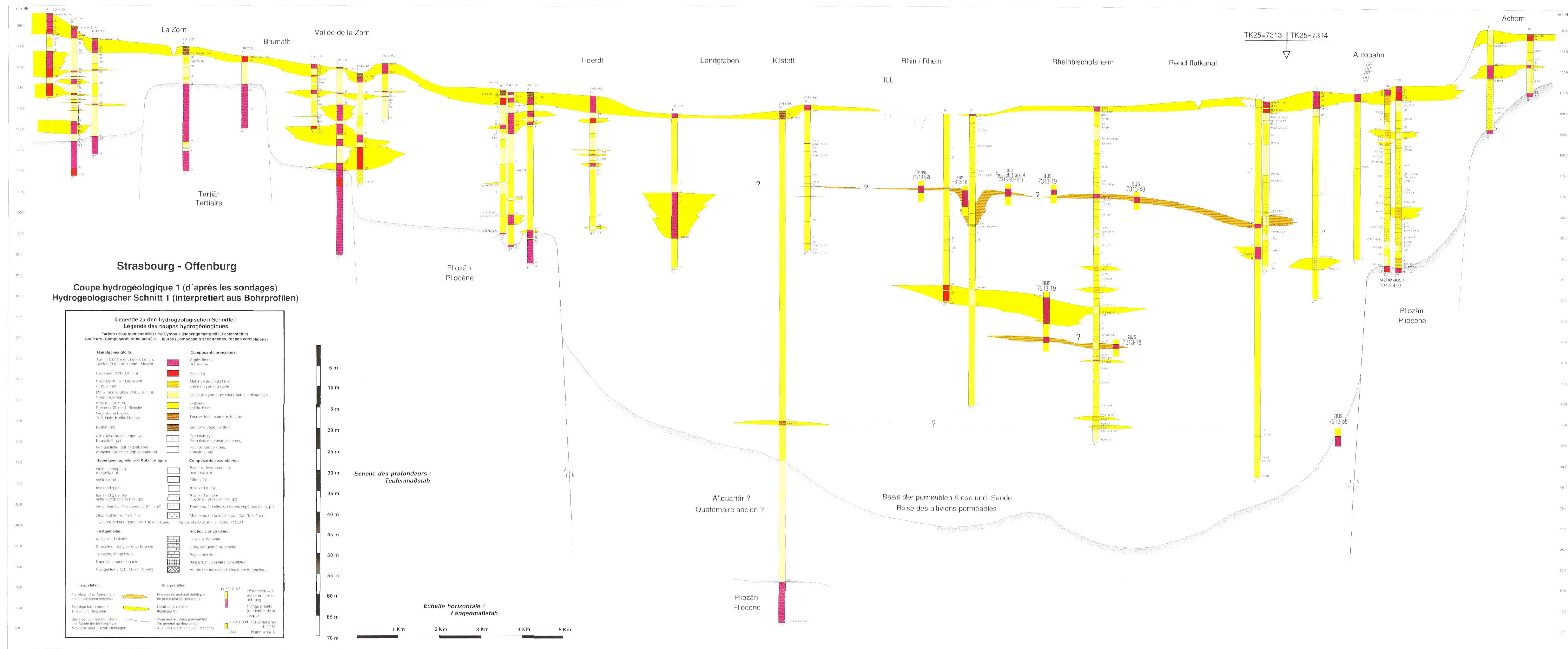
COUTES HYDROGÉOLOGIQUES 1-3
HYDROGEOLOGISCHE SCHNITTE 1-3

STRASBOURG - OFFENBURG

Echelle horizontale / Längenmaßstab 1 : 50 000
Echelle verticale / Vertikalmassstab 1 : 500



Origine des données / Datenherkunft
BRGM, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg
Interprétation des sondages / Interpretation der Bohrprofile
BRGM, Service Géologique Régional Alsace
Geologisches Landesamt Baden-Württemberg
Infographie / Graphische EDV-Bearbeitung
Geologisches Landesamt Baden-Württemberg
© Région Alsace - Strasbourg 1998



Strasbourg - Offenburg
Coupe hydrogéologique 2 (d'après les sondages)
Hydrogeologischer Schnitt 2 (interpretiert aus Bohrprofilen)

