



Hydrogeologischer Bau und hydraulische Eigenschaften

 INTERREG III A-Projekt MoNit "Modellierung der Grundwasserbelastung
durch Nitrat im Oberrheingraben"

Structure hydrogéologique et caractéristiques hydrauliques

 INTERREG III A : MoNit "Modélisation de la pollution des eaux souterraines
par les nitrates dans la vallée du Rhin Supérieur"



Ce projet est cofinancé
par l'Union Européenne
Dieses Projekt wird von der
Europäischen Union kofinanziert



Baden-Württemberg

Hydrogeologischer Bau und hydraulische Eigenschaften



INTERREG III A-Projekt MoNit "Modellierung der Grundwasserbelastung
durch Nitrat im Oberrheingraben"

Structure hydrogéologique et caractéristiques hydrauliques



Projet d'INTERREG III A MoNit "Modélisation de la pollution des eaux souterraines
par les nitrates dans la vallée du Rhin Supérieur"

HERAUSGEBER/ PUBLICATION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG / RÉALISATION	Regierungspräsidium Freiburg – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (RP Freiburg – LGRB) Bureau de Recherches Géologiques et Minières de l'Alsace (BRGM) LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
REDAKTION / RÉDACTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 – Grundwasser, Baggerseen
GEFÖRDERT DURCH COFINANCIÉ PAR	EU - INTERREG III A Programme Oberrhein Mitte-Süd und PAMINA / UE - Programmes INTERREG III A Rhin Supérieur Centre-Sud et PAMINA
BEZUG / DISTRIBUTION	Die Broschüre ist kostenlos erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LUBW <i>La brochure est gratuite et peut être demandée auprès du distributeur de la LUBW</i> JVA Mannheim -Druckerei, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370, bibliothek@lubw.bwl.de/
STAND / ETAT	Juli 2006, 1. Auflage / <i>Juillet 2006, 1ère édition</i>
BILDNACHWEIS / RÉFÉRENCE D'IMAGE	Titelbild / <i>Image de couverture</i> Reiner Steinmetz, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Nachdruck - auch auszugsweise - nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Reproduction – même partielle – autorisée seulement avec mention de l'origine et mise à disposition des exemplaires justifiés.

FINANZPARTNER / COFINANCEURS

Europäische Union – Gemeinschaftsinitiative INTERREG III A
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Région Alsace
Agence de l'eau Rhin-Meuse
Bureau de Recherches Géologiques et Minières
Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
Regierungspräsidium Freiburg - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
Staatliche Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Augustenberg
Kanton Basel-Stadt
Kanton Basel-Landschaft
Schweizer Eidgenossenschaft

PROJEKTRÄGER / MAÎTRE D'OUVRAGE

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg

Inhaltsverzeichnis

Sommaire

ÜBERBLICK ABRÉGE	9
<hr/>	
1 ALLGEMEINE VORBEMERKUNGEN GENERALITÉS	11
<hr/>	
2 LAGE UND BEGRENZUNG DES ARBEITSGEBIETES SITUATION ET LIMITES DE LA ZONE D'ETUDE	14
<hr/>	
3 LANDSCHAFTLICH/MORPHOLOGISCHE GLIEDERUNG DES ARBEITSGEBIETES SUBDIVISIONS GÉOMORPHOLOGIQUES DU SECTEUR d'ÉTUDE	18
<hr/>	
4 GEOLOGISCHE ENTWICKLUNG DES ARBEITSGEBIETES HISTOIRE GÉOLOGIQUE DU DOMAINE d'ÉTUDE	22
<hr/>	
5 GEOLOGISCHE UND TEKTONISCHE VERHÄLTNISSE CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TECTONIQUE	30
<hr/>	
5.1 Bereich südlich des Kaiserstuhls <i>Au sud du Kaiserstuhl</i>	30
5.2 Freiburger Bucht <i>Bassin de Freiburg</i>	31
5.3 Bereich nördlich des Kaiserstuhls <i>Au nord du Kaiserstuhl</i>	32
<hr/>	
6 DATENGRUNDLAGE, FLUSSSEISMIK, PRODUKTE DONNÉES DISPONIBLES, SISMIQUE FLUVIALE, DÉLIVRABLES	36
<hr/>	
6.1 Datengrundlage <i>Données disponibles</i>	36
6.1.1 Südlich des Kaiserstuhls <i>Au sud du Kaiserstuhl</i>	39
6.1.2 Freiburger Bucht <i>Bassin de Freiburg</i>	40
6.1.3 Nördlich des Kaiserstuhls <i>Nord du Kaiserstuhl</i>	40
<hr/>	
6.2 Auswertung flussseismischer und industrieseismischer Messungen <i>Exploitation de campagnes sismiques fluviales et petrolières</i>	42
6.3 Produkte <i>Délivrables</i>	43
<hr/>	

7	KARTIERTECHNIK MÉTHODOLOGIE DE LA CARTOGRAPHIE	44
8	GLIEDERUNG DER LOCKERGESTEINSABFOLGE IM SÜDLICHEN UND MITTLEREN OBERRHEINGRABEN UND IN DER FREIBURGER BUCHT SUCCESSION DES DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES DANS LE FOSSÉ RHÉNAN SUPERIEUR, PARTIE MÉRIDIIONALE ET CENTRALE; ET DANS LE BASSIN DE FREIBURG	50
8.1	Übersicht über die Lockergesteinsabfolge <i>Vue d'ensemble de la succession des sediments</i>	50
8.1.1	Tertiärer und mesozoischer Festgesteinsuntergrund, Iffezheim-Formation (Pliozän und Eopleistozän) und fluviatiles Jungtertiär <i>Substratum mesozoique et tertiaire, formation d'Iffezheim (pliocene a eopleistocene) et tertiaire fluviatile recent</i>	50
8.1.2	Quartäre Sedimente Sediments quaternaires	52
8.2	Ältere Gliederungsansätze der Lockergesteinsfüllung und neues Klima-/Lithostratigraphisches Gliederungsschema <i>Anciennes subdivisions du remplissage sedimentaire et nouveau schema lithostratigraphique et climatologique</i>	56
8.3	Hydrogeologisches Gliederungsschema <i>Subdivisions hydrogéologiques</i>	60
8.4	Vergleich älterer hydrogeologischer Bearbeitungen mit der vorliegenden Arbeit <i>Comparaison avec les etudes hydrogéologiques Anciennes</i>	62
9	BESCHREIBUNG DER HYDROGEOLOGISCHEN EINHEITEN DESCRIPTION DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES	64
9.1	Anthropogene Aufschüttung (yA) <i>Remblai antrophique (yA)</i>	64
9.2	Deckschichten (qD) <i>Formations superficielles (qD)</i>	65
9.3	Neuenburg-Formation (qN) <i>Formation de Neuenburg (qN)</i>	67
9.3.1	Ober rheingraben <i>Fosse rhenan supérieur</i>	67
9.3.2	Freiburger Bucht <i>Bassin de Freiburg</i>	72
9.4	Ostrheinschotter (ORS) <i>Chenal est du rhin</i>	75

9.5	Feinklastische Horizonte im Raum Strasbourg-Baden-Baden <i>Horizons clastiques fins dans le secteur de Strasbourg-Baden-Baden</i>	76
9.6	Breisgau-Formation, Ortenau-Formation (qBS, qO) <i>Formation de Breisgau, Formation d'Ortenau (qBs, qO)</i>	77
9.6.1	Oberrhein Graben <i>Fossé rhénan supérieur</i>	77
9.6.2	Freiburger Bucht, Schwarzwald- und Vogesentäler <i>Bassin de Freiburg, vallées du Schwarzwald et des Vosges</i>	82
9.7	Riegel-Horizont (qRH) <i>Horizon de Riegel (qRH)</i>	87
9.8	Feinsedimente der Mengener Brücke <i>Sédiments fins du seuil de Mengen</i>	87
9.9	Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär <i>Formation d'Iffezheim/tertiaire récent fluviatile</i>	88
9.10	Festgesteinsuntergrund <i>Terrains consolidés (socle)</i>	92
<hr/>		
10	PROFILSCHNITTE, VERBREITUNGSKARTEN, ISOLINIENPLÄNE COUPES ET CARTES HYDROGÉOLOGIQUES	95
10.1	Profilschnitte <i>Coupes hydrogéologiques</i>	95
10.2	Verbreitungskarten, Isolinienpläne und Mächtigkeitskarten <i>Cartes de repartition, isohypses et cartes d'épaisseurs</i>	104
10.2.1	Neuenburg-Formation (N) <i>Formation de Neuenburg (N)</i>	104
10.2.1.1	Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Neuenburg-Formation <i>Repartition et isohypses de la base de la Formation de Neuenburg</i>	104
10.2.1.2	Mächtigkeit der Neuenburg-Formation <i>Épaisseur de la formation neuenburg</i>	109
10.2.2	Ostrheinschotter (ORS) <i>Chenal oriental du Rhin (ORS)</i>	109
10.2.2.1	Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Ostrheinschotter <i>Repartition et isohypses de la Base des alluvions rhénanes du chenal oriental</i>	109
10.2.2.2	Mächtigkeit der Ostrheinschotter <i>Épaisseur des alluvions du chenal oriental du Rhin</i>	110
10.2.3	Feinklastische Horizonte im Raum Offenburg/Strasbourg-Baden-Baden <i>Horizons clastiques fins du secteur Offenburg/Strasbourg-Baden-Baden</i>	111
10.2.4	Breisgau-Formation (qBS) und Ortenau-Formation (qO) <i>Formation de Breisgau (qBS) et Formation d'Ortenau (qO)</i>	115
10.2.4.1	Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Breisgau- bzw. Ortenau-Formation <i>Extension et isohypses de la base des Formations de Breisgau et d'Ortenau</i>	115
10.2.4.2	Mächtigkeit der Breisgau-/Ortenau-Formation <i>Épaisseur de la Formation de Breisgau/Ortenau</i>	119
10.2.5	Riegel-Horizont (RH) <i>Horizon de Riegel (RH)</i>	121

10.2.5.1	Verbreitung und Isolinienplan der Oberfläche des Riegel-Horizontes <i>Extension et isohypses du sommet de l'horizon de Riegel</i>	121
10.2.5.2	Mächtigkeit des Riegel-Horizontes <i>Epaisseur de l'Horizon de Riegel</i>	122
10.2.6	Feinsedimente der Mengener Brücke <i>Sédiments fins du Seuil de Mengen (Mengener Brücke)</i>	123
10.2.7	Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär (qIS, tTF) <i>Formation d'Iffezheim/Tertiaire fluviatile recent (qIS, tTF)</i>	124
10.2.7.1	Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär <i>Extensions et isohyses de la base de la Formation d'Iffezheim</i>	124
10.2.7.2	Mächtigkeit der Kartiereinheit Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär <i>Epaisseur de l'unité cartographique Formation d'Iffezheim/tertiaire fluviatile recent</i>	127
10.3	Abgeleitete Kartierthemen <i>Cartographies</i>	128
11	HYDRAULISCHE EIGENSCHAFTEN DER HYDROGEOLOGISCHEN EINHEITEN PROPRIÉTÉS HYDRODYNAMIQUES DES UNITÉS HYDROGÉOLOGIQUES	132
11.1	Methoden <i>Méthodologie</i>	132
11.2	Ergebnisse <i>Résultats</i>	133
11.2.1	Statistische Kennzahlen <i>Statistique</i>	134
11.3	Räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten der hydrogeologischen Einheiten <i>Repartition spatiale des perméabilités des unités hydrogéologiques</i>	141
11.3.1	Neuenburg-Formation <i>Formation de Neuenburg</i>	141
11.3.2	Breisgau-/Ortenau-Formation <i>Formation de Breisgau/Ortenau</i>	147
12	ZUSAMMENFASSUNG RÉSUMÉ	151
	NAMEN UND ANSCHRIFT DER AUTOREN NOM ET DIRECTION DES AUTEURS	154
	LITERATUR BIBLIOGRAPHIE	155

Überblick

Abrégé

Im Teilprojekt „Hydrogeologie“ wurden im Untersuchungsgebiet die hydrogeologischen Grundlagen für den quartären Kiesgrundwasserleiter erarbeitet. Hierzu wurden die Aquifergeometrie untersucht, hydrogeologisch relevante Grenzflächen kartiert und den hydrogeologischen Einheiten hydraulische Parameter zugewiesen. Die Ergebnisse stellen wichtige Eingangsdaten für das Grundwasserströmungs- und -transportmodell dar.

Das Arbeitsgebiet umfasst das Verbreitungsgebiet der pliozänen und quartären Kiese und Sande, die den Hauptgrundwasserleiter im Oberrheingraben bilden.

Der flächenhaften, grenzüberschreitenden hydrogeologischen Kartierung liegt eine zwischen den Projektpartnern abgestimmte, einheitliche Nomenklatur und Kartiermethodik zugrunde. Die Bearbeitung basiert auf der Auswertung von über 15000 Bohrungen sowie auf reflektionsseismischen Messungen, die auf dem Rhein im Rahmen des MONIT-Projekts durchgeführt wurden.

Außerdem konnte auf Kartierungen aus verschiedenen nationalen Studien und auf die Ergebnisse mehrerer grenzüberschreitender Projekte zurückgegriffen werden.

Aus den Bohrungen und geophysikalischen Daten wurden geologische Längs- und Querschnitte erzeugt.

Für die hydrogeologisch relevanten Grenzflächen wurden Isolinienpläne der Basis sowie Verbreitungs- und Mächtigkeitskarten erstellt. Die feinklastischen Einschaltungen wurden entsprechend ihrer lithologischen Ausbildung klassifiziert.

Le module "Hydrogéologie" avait pour but de préparer les données hydrogéologiques sur l'aquifère des alluvions quaternaires dans le secteur étudié. Ces informations comprennent notamment la géométrie de l'aquifère (profondeur du substratum), la cartographie des interfaces entre corps sédimentaires d'intérêt hydrogéologique, ainsi que la définition de leurs paramètres hydrodynamiques. Elles constituent la base nécessaire à la création du modèle hydrodynamique.

La zone étudiée correspond au remplissage du Fossé par les alluvions pliocènes et quaternaires, qui constituent l'aquifère principal de la vallée du Rhin supérieur.

La cartographie hydrogéologique a été réalisée par les partenaires du projet d'après une nomenclature stratigraphique et une méthodologie communes. Dans le cadre de ce travail plus de 15000 coupes de sondages ont été réinterprétées en termes de coupe hydrogéologique, et une campagne de sismique haute résolution a été menée sur le Rhin.

Ces travaux ont bénéficié des résultats de cartographies issues de différentes études réalisées dans chacun des pays ainsi que de plusieurs projets transfrontaliers précédents.

Des profils géologiques transversaux et longitudinaux de l'aquifère ont été tracés à partir des données de coupes de forages et d'études géophysiques.

Ces profils ont servi à tracer des cartes de répartition et des isocontours des unités hydrogéologiques. Les intercalaires à grain fin ont également été classés en fonction de leur lithologie dominante.

Aus Pumpversuchsergebnissen wurden Durchlässigkeitskarten für die Neuenburg- und Breisgau-Formation abgeleitet.

Des cartes de répartition des perméabilités ont été dessinées pour les formations de Neuenburg et de Breisgau d'après les résultats d'essais de pompage.

1 Allgemeine Vorbemerkungen

Généralités

Die Lockergesteinsfüllung des Oberrheingrabens enthält das größte Grundwasservorkommen Mitteleuropas (Abb. 1). Im Gebiet zwischen Basel im Süden und Karlsruhe im Norden sind im Untergrund etwa 80 Milliarden Kubikmeter Wasser gespeichert, aus dem der Trinkwasserbedarf der Bevölkerung zu drei Vierteln, der Industriewasserbedarf zur Hälfte und der Bedarf der Landwirtschaft zur Bewässerung fast vollständig gedeckt wird [LFU, REGION ALSACE 1996].

Le remplissage alluvionnaire du Fossé rhénan supérieur contient les plus grandes ressources en eau souterraine d'Europe centrale (Fig. 1). Dans le secteur de la nappe situé entre Bâle au Sud et Karlsruhe au Nord, le volume des eaux souterraines est estimé à environ 80 milliards de m³, dont on tire les trois quarts de l'alimentation en eau potable, la moitié des besoins en eau industrielle et presque toute l'eau d'irrigation agricole [LFU, REGION ALSACE 1996].

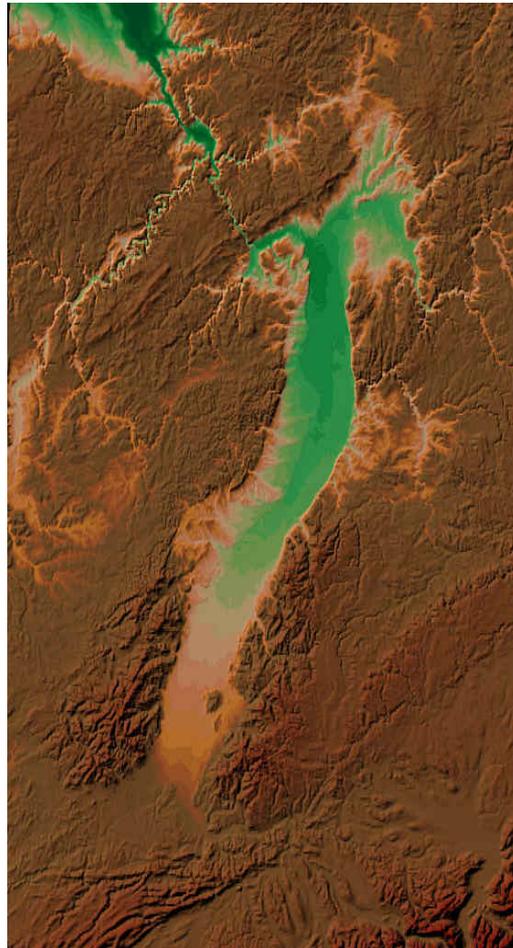


Abbildung 1.1: Der Oberrheingraben im Satellitenbild mit Höhendifferenzierung (aus: www.oberrheingraben.de)
Figure 1.1: Le Fossé rhénan supérieur vu de satellite (couleurs en fonction de l'altitude, www.oberrheingraben.de)

Aufgrund ihrer wirtschaftlich und klimatisch günstigen Lage wird die Region durch Wohnsiedlungen, Gewerbe und Industrie, ein dichtes Verkehrsnetz sowie durch die Landwirtschaft intensiv genutzt. Dies führte in der Vergangenheit zu Belastungen des Grundwassers mit Schadstoffen, deren Konzentrationen die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung gebietsweise übersteigen [REGION ALSACE, LFU 2000]. Insbesondere die Gehalte an Nitrat und Pflanzenbehandlungsmittel überwiegend landwirtschaftlicher Herkunft sind großräumig erhöht. Daneben ist das Grundwasser im südlichen Markgräfler Land und im Südsass durch Chlorid als Folge der Kaliproduktion im letzten Jahrhundert und in Ballungsräumen und Industriegebieten durch chlorierte Lösungsmittel belastet.

Die gemeinsamen, grenzüberschreitenden Bemühungen der Wasserwirtschaftsverwaltung auf der baden-württembergischen, elsässischen und schweizer Seite des Rheins haben das Ziel, die Grundwasserqualität zu schützen bzw. sie wieder so herzustellen, dass Grundwasser überall ohne vorherige Aufbereitung als Trinkwasser genutzt werden kann. Dazu ist eine detaillierte Kenntnis der Eintragsmechanismen und der Prozesse erforderlich, die zu einer Beeinträchtigung der Grundwasserqualität führen können. Außerdem müssen die Vorgänge bekannt sein, die bei der Grundwasserneubildung und der Bewegung des Sicker- und Grundwassers sowie dem damit verbundenen Stofftransport im Untergrund von Bedeutung sind.

Im Projekt MoNit wird der Nitratreintrag in das Grundwasser sowie der Nitrattransport im Untergrund großräumig modelliert. Die Bearbeitung erfolgte in mehreren Einzelmodulen, die im Verlauf des Projektes zu einem Gesamtmodell gekoppelt wurden (Landesanstalt für Umweltschutz, 2005). Es wurden sechs Teilaspekte unterschieden, die in getrennten Arbeitsgruppen bearbeitet

En raison de sa situation économique et climatique favorable, l'espace de la région est intensivement utilisé pour l'habitat, l'artisanat et l'industrie, les voies de communication et l'agriculture. Ceci a conduit dans le passé à des pollutions des eaux souterraines, dont les concentrations en polluants peuvent dans certains secteurs dépasser les limites de potabilité [REGION ALSACE, LFU 2000]. Les concentrations en nitrates et en pesticides d'origine essentiellement agricole atteignent notamment des teneurs élevées sur de grandes surfaces. Par ailleurs la nappe est affectée dans le Sud de l'Alsace et au Sud du Kaiserstuhl (Markgräflerland) par des chlorures hérités de l'exploitation de la potasse au siècle dernier, tandis que les grandes agglomérations sont touchées par des pollutions par des solvants chlorés.

Les efforts communs et transfrontaliers des gestionnaires des eaux des deux côtés du Rhin (au Bade- Wurtemberg et en Alsace) ont pour objectif de préserver voire restaurer la qualité des eaux souterraines de sorte que la nappe soit partout utilisable comme eau potable sans traitement préalable. Ceci nécessite d'une part une connaissance détaillée des mécanismes d'infiltration des polluants et des phénomènes qui peuvent conduire à une détérioration de la qualité des eaux souterraines. Il faut d'autre part connaître les processus qui sont déterminants dans la recharge des eaux souterraines et dans l'écoulement des eaux d'infiltration et des eaux souterraines ainsi que dans le transport des différentes substances en solution dans ces eaux.

L'objet du projet MoNit est la modélisation à l'échelle régionale des apports de nitrates à la nappe. Les travaux sont menés de façon à développer plusieurs modules de modélisation indépendants qui seront ensuite couplés dans une modélisation globale (Landesanstalt für Umweltschutz, 2005). Six thématiques différentes sont ainsi distinguées et traitées par des groupes de travail dis-

wurden.

Im Teilprojekt „Hydrogeologie“ wurden die geologischen und hydrogeologischen Grundlagendaten für das Untersuchungsgebiet erarbeitet. Dabei wurde die Aquifergeometrie untersucht, hydrogeologisch relevante Grenzflächen innerhalb des Kiesgrundwasserleiters kartiert und den hydrogeologischen Einheiten hydraulische Parameter zugewiesen.

Die Ergebnisse stellen wichtige Eingangsdaten für das numerische Grundwasserströmungs- und Transportmodell dar.

Am Teilprojekt "Hydrogeologie" waren folgende Institutionen beteiligt:

- Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Leitung des Teilprojekts),
- Service géologique régional Alsace (BRGM),
- Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel.

tincts.

Le sous-projet "Hydrogéologie" doit préparer les données de base en géologie et en hydrogéologie pour l'ensemble de la zone d'étude. Il s'agit de définir la géométrie de l'aquifère et des différentes interfaces hydrogéologiques à l'intérieur de l'aquifère, et d'attribuer des paramètres hydrauliques aux différentes unités hydrogéologiques définies.

Les résultats de ce sous-projet doivent servir de base à la modélisation hydrodynamique de l'écoulement et du transport.

Les organismes suivants participent au sous-projet "Hydrogéologie" :

- Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (direction du sous-projet),
- Service géologique régional Alsace (BRGM),
- Institut de Géologie et de Paléontologie de l'Université de Bâle.

2 Lage und Begrenzung des Arbeitsgebietes

Situation et limites de la zone d'étude

Das Arbeitsgebiet liegt im südlichen und mittleren Oberrheingraben (Abb. 2.1). Es umfasst dort das Verbreitungsgebiet der quartären Kiese und Sande. Sie bilden den Hauptgrundwasserleiter.

La zone d'étude est située dans la partie sud à centre du Fossé rhénan supérieur (Fig. 2.1). Elle y couvre l'étendue des alluvions sablo-graveleuses quaternaires qui constituent l'aquifère principal de la vallée du Rhin supérieur.

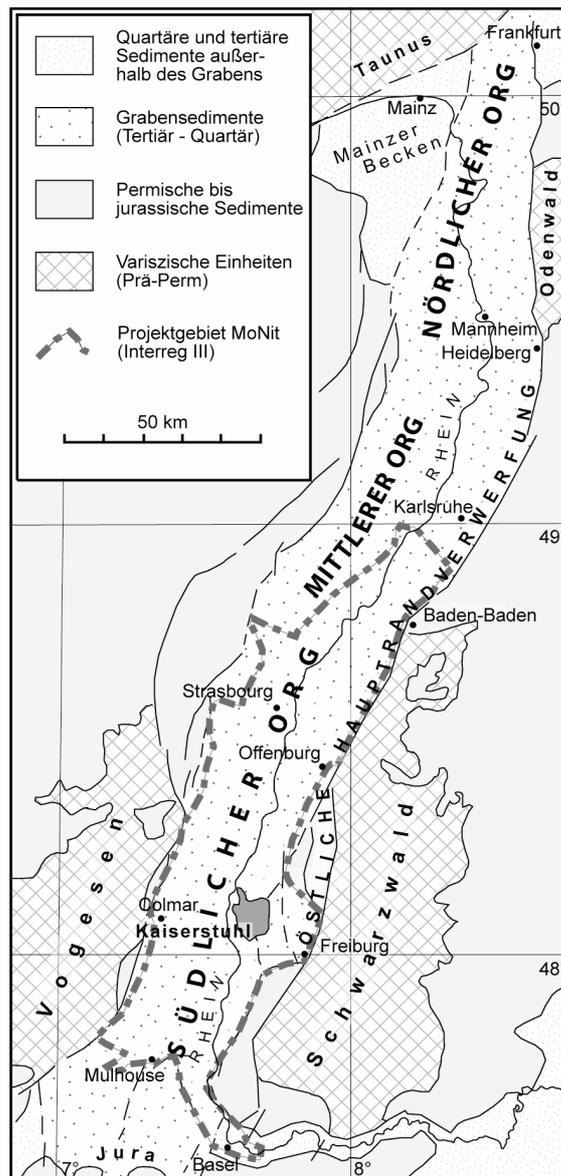


Abbildung 2.1: Geologische Übersichtskarte des Oberrheingrabens (ORG, verändert nach Pflug, 1982).
Figure 2.1: Carte d'ensemble du Fossé rhénan supérieur (noté ORG, d'après Pflug, 1982).

Grundlage für die Abgrenzung der Verbreitung des Kiesgrundwasserleiters waren auf baden-württembergischer Seite die hydrogeologischen Karten Baden-Württemberg (Maßstab 1 : 50 000, HGK) sowie die teils analog und teils digital vorliegenden Geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000. Auf französischer Seite stammen die Grenzen aus der digitalen Karte der Grundwasser-einheiten (BDRHF v1), die vom BRGM anhand der gedruckten geologischen Karten im Maßstab 1 : 50 000 entwickelt wurde.

Außerdem wurde bei der Grenzziehung die Geländemorphologie entsprechend den topographischen Karten 1:25 000 dort berücksichtigt, wo der Übergang zwischen den Kiesen der Niederterrasse und dem angrenzenden Festgestein durch eine Schwemmlössauflage wechselnder Mächtigkeit überlagert wird. In diesen Fällen orientiert sich die Gebietsabgrenzung am Profilknick am Hangfuß der Vorbergzone bzw. des kristallinen Grundgebirges. Somit wird auch der unter einer bereichsweise mächtigen Lössauflage schlecht erkundete Kiesgrundwasserleiter in das Modellgebiet einbezogen.

Auf der Westseite wurde das Modellgebiet am Hauptaquifer begrenzt. Die geringmächtigen bzw. schlecht erkundeten Kieskörper am Hangfuß der Vorbergzone der Vogesen wurden ebenso ausgeschlossen wie die pliozäne Terrasse bei Hagenu-Riedseltz. Sie steht hydraulisch nicht mit dem Hauptkiesaquifer in Verbindung.

Die südliche Grenze des Bearbeitungsgebietes verläuft entlang des Nord- bzw. Ostrand des Sundgaus, der aus oligozänen Mergeln aufgebaut wird. Sie sind gebietsweise von den Sundgauschottern bedeckt. Im Südosten reicht das Gebiet in das Hochrheintal bis östlich von Pratteln (CH) und Wyhlen (D).

Nach Norden verläuft die Ostgrenze des Gebietes im Markgräfler Land entlang der Vorbergzone und weiter am Westrand des Batzenberges in die Frei-

Les limites de la répartition des alluvions quaternaires ont été tracées côté Bade-Wurtemberg à partir de la carte hydrogéologique du Bade-Wurtemberg (à l'échelle de 1/50 000, HGK), ainsi que des cartes géologiques régulières à 1/25 000 disponibles sous forme de cartes soit imprimées, soit numériques. Côté français les limites proviennent de la carte numérique des entités aquifères définie par le BRGM à partir des cartes géologiques régulières imprimées à 1/50 000 (BDRHF v1).

Côté est, la limite a également pris en compte la morphologie du terrain d'après les cartes topographiques à 1/25 000 : en effet le long du piémont de la Forêt-noire les graviers de la basse terrasse sont recouverts d'épaisseurs de loess plus ou moins remanié qui peuvent être importantes. Dans ce cas la limite du modèle s'arrête à la rupture de pente au bas du piémont ou au pied du massif cristallin, incluant la partie mal connue de l'aquifère sous épaisse couverture de loess.

Côté ouest, la limite du modèle suit la limite de l'aquifère principal et exclut ainsi les zones de bordure peu épaisses de l'aquifère le long du piémont vosgien ainsi que la terrasse pliocène de Hagenu-Riedseltz, dont le fonctionnement hydraulique est découplé de celui de l'aquifère principal.

La limite sud de la zone d'étude suit la bordure nord et est du Sundgau, constitué de marnes oligocènes en partie recouvertes par les Cailloutis du Sundgau. Au Sud-Est la zone du modèle s'étend à l'amont de la vallée du Rhin (secteur du Hochrhein) jusqu'à l'Est de Pratteln (CH) et Wyhlen (D).

La limite est s'étend vers le Nord le long du piémont de la Forêt-noire, contourne le Batzenberg par l'Ouest pour atteindre le bassin de Freiburg

burger Bucht. Dort endet das Gebiet am Beginn des Dreisam-, des Glotter-, des Elz- und des Brettentales. Nördlich des Elztales liegt die Grenze bis zur Riegeler Pforte am Westrand der Emmendinger Vorbergzone. Die Riegeler Pforte bildet die Engstelle zwischen der Anhöhe mit der Burgruine Lichteneck (zwischen Hecklingen und Malterdingen) im Osten und dem Michaelsberg bei Riegel im Westen.

Nördlich der Riegeler Pforte folgt die Bearbeitungsgrenze dem Westrand der Emmendingen – Lahrer Vorbergzone bis südlich von Offenburg. Nördlich des Kinzigtales werden am Grabenrand die quartären Kiese von mächtigen Lösssedimenten überlagert. Dort wurde zwischen der Rench und der Acher die Grenze des Kiesgrundwasserleiters entlang der Schwarzwaldrandverwerfung gezogen. Ihr Verlauf ist in diesem Abschnitt aufgrund der Lößüberdeckung jedoch nicht genau bekannt (HGK, 1978a). Nördlich von Achern bis Kuppenheim wurde der Kiesgrundwasserleiter entlang der westlichen Verbreitungsgrenze der jurassischen und tertiären Festgesteine abgegrenzt, die in diesem Abschnitt stellenweise lössbedeckt sind.

Die Nordgrenze des Bearbeitungsgebietes verläuft quer durch den Oberrheingraben von Malsch (D) im Südosten in nordwestliche Richtung über Durmersheim (D) und trifft am Rhein auf die Landesgrenze zwischen dem Elsass und Rheinland-Pfalz. Sie folgt dann dem Verlauf der alten Lauter bis Lauterbourg (F), die hier die deutsch-französische Grenze bildet.

Nach Süden folgt die Grenze des Hauptaquifers dem Fuß der pliozänen Terrasse bei Hagenau-Riedseltz. Sie bildet ein Relief von etwa zehn Metern Höhenunterschied und ist durch eine Geländekante markiert, die bei Seltz in die Lössablagerungen von Lauterbourg und bei Weyersheim in die von Kurtzenhouse eingeschnitten ist.

Südlich der Zorn ist der Hauptaquifer auf Höhe

(*Freiburger Bucht*). Ce dernier s'étend jusqu'au débouché des vallées de la Dreisam, de la Glotter, de l'Elz et du Bretten. Au Nord de la vallée de l'Elz la limite du bassin suit la bordure ouest du piémont d'Emmendingen jusqu'au débouché de la Porte de Riegel, entre la colline de la ruine du château-fort du Lichteneck à l'Est (entre Hecklingen et Malterdingen) et le mont du Michaelsberg à l'ouest (près de Riegel).

Au Nord de la Porte de Riegel, la zone d'étude suit la bordure ouest du piémont de la Forêt-noire d'Emmendingen et de Lahr jusqu'au Sud d'Offenburg. Au Nord de la vallée de la Kinzig les graviers quaternaires sont recouverts en bordure du Fossé par d'épaisses couches de loess. La limite de l'aquifère a été placée au niveau de la faille bordière de la Forêt-noire entre la Rench et l'Acher, bien que le tracé de cette faille masquée par les loess soit mal connu (HGK, 1978a). Au Nord, d'Achern à Kuppenheim, la limite de l'aquifère suit la bordure ouest des terrains jurassiques et tertiaires, qui sont en partie recouverts de loess dans ce secteur.

La limite nord de la zone d'étude est tracée à travers le Fossé rhénan en direction SE-NW depuis Malsch (D), passe par Durmersheim (D) et atteint le Rhin au niveau de la frontière entre l'Alsace et la Rhénanie-Palatinat. Elle se poursuit ensuite jusqu'à Lauterbourg (F) le long de la vieille Lauter qui marque ici la frontière franco-allemande.

En descendant vers le Sud, la limite ouest de l'aquifère principal suit le pied de la terrasse plio-cène de Hagenau-Riedseltz. Celle-ci forme un relief d'une dizaine de mètres marqué par un escarpement entaillant les loess de Lauterbourg à Seltz et de Kurtzenhouse à Weyersheim.

Au Sud de la Zorn, au niveau de Strasbourg,

von Strasbourg unter einer jungen Lössauflage verborgen. Er wurde jedoch durch Bohrungen bis nach Pfulgriesheim nachgewiesen. Dort kleidet er eine Grabenstruktur aus, die den Horst von Kochersberg begrenzt.

Südlich von Strasbourg dehnt sich der Hauptaquifer deutlich in westliche Richtung aus. Er schließt dort die Niederung der Bruche bis nach Molsheim ein. Im Bereich des Horstes von Blaesheim, der aus tertiären Sedimenten aufgebaut ist, fehlt der Kiesaquifer.

Die Grenze setzt sich in südliche Richtung entlang dem Ostrand der Terrasse von Bischoffsheim fort. Dort liegt ein Aquifer, der in den Hauptkiesgrundwasserleiter entwässert.

Sie verläuft schließlich an Colmar und Rouffach vorbei entlang dem Fuß der Vorbergzone der Vogesen. Der Aquifer weitet sich erneut auf Höhe des Thanner Tales in westliche Richtung auf. Dort schließt er den Mündungsschwemmfächer der Thur (ohne die älteren Terrassen) und den unteren Abschnitt des Tales der Doller ein.

l'aquifère principal est caché sous les loess récents, mais a été reconnu par des forages jusqu'à Pfulgriesheim, où il occupe un graben NS bordant le horst du Kochersberg.

Au Sud de Strasbourg, l'aquifère principal s'étend brusquement vers l'Ouest, incluant la basse-vallée de la Bruche jusqu'à Molsheim. On notera la présence du dôme de Blaesheim, horst de terrains tertiaires où l'aquifère est absent.

La limite continue ensuite vers le Sud, passant à l'Est de la terrasse de Bischoffsheim où réside une nappe perchée se déversant dans l'aquifère principal.

Elle suit ensuite la base des collines sous-vosgiennes, passant par Colmar et Rouffach. L'aquifère s'élargit à nouveau au niveau de l'embouchure de la vallée de Thann pour inclure l'ensemble du cône de déjection de la Thur (terrasse ancienne exclue) et le débouché de la basse-vallée de la Doller.

3 Landschaftlich/ morphologische Gliederung des Arbeitsgebiets *Subdivisions géomorphologiques du secteur d'étude*

Der Oberrhein Graben wird im Bereich des Untersuchungsgebietes in die drei Teilräume südlich des Kaiserstuhls, nördlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht unterteilt. Sie werden in verschiedene landschaftlich/morphologische Einheiten gegliedert (Abb. 3.1).

Le Fossé rhénan supérieur peut être subdivisé en trois parties dans le secteur d'étude: secteur au Sud du Kaiserstuhl, au Nord du Kaiserstuhl et Bassin de Freiburg. On distingue dans ces trois secteurs plusieurs unités géomorphologiques (Fig. 3.1).

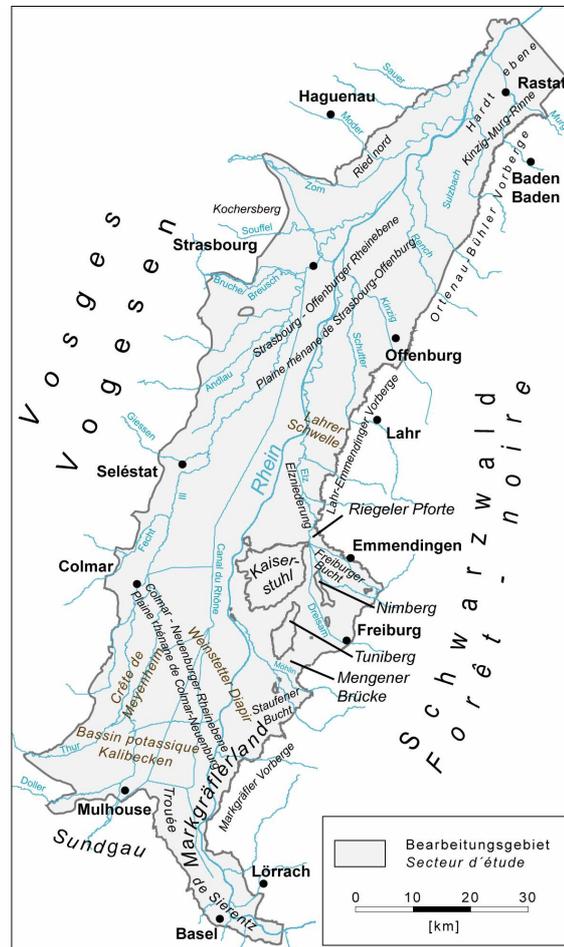


Abbildung 3.1 : Landschaftlich/morphologische und einige geologisch/tektonische Einheiten (braune Beschriftung) im Untersuchungsgebiet.

Figure 3.1 : Unités morphologiques (paysages) et unités géotectoniques sélectionnées (en marron) dans le secteur d'étude.

Südlich des Kaiserstuhls liegen im Untersuchungsgebiet folgende morphologische Einheiten (Mäckel, 1992):

- Die **Colmar-Neuenburger Rheinebene** mit Niederterrasse und Rheinaue. Beide Einheiten sind durch die Terrassenkante morphologisch voneinander getrennt. Die Niederterrasse besteht aus Kies mit Geröllen überwiegend alpiner Herkunft. Sie breitet sich nach Westen zur Niederung der Ill bis Colmar aus. Auf elsässischer Seite sind die Flurabstände relativ groß und entkalkte Kiesterrassen bilden die Waldlandschaft der Hardt. Die Rheinaue umfasst das ehemals regelmäßig überschwemmte Flussgebiet des Rheins, dessen obere 3-5 Meter im Holozän umgelagert wurden.
- Im Osten: **Markgräfler Hügelland mit Markgräfler Vorbergzone und westlich vorgelagerten Lösshügelländern**. Die Lösshügelländer werden bei Staufen am Ausgang des Münstertales durch die sogenannte **Staufener Bucht** unterbrochen.
- Im Westen: Das **Ochsenfeld** im Süden und das **Kalibecken** im Norden sind Teile eines großen Schwemmfächers der Thur und der Doller. Er besteht ausschließlich aus Vogesenkiesen. Dieser Schwemmfächer wird im Osten von der Ill-Niederung begrenzt; dabei fließt die Ill von Süden nach Norden in der tektonischen Richtung des **Salzrückens von Meyenheim**.
- Im Südosten fließt der Rhein durch die **Sierentz-Niederung** zwischen dem Dinkelberg (Jurakalke) im Osten und der Erhebung des Sundgaus im Westen. Sie besteht aus tertiären Mergelsteine und darüber aus pliozänen Schottern, die unter einer mächtigen Lössdecke liegen.

Au Sud du Kaiserstuhl on peut distinguer dans la zone d'étude les unités géomorphologiques suivantes (d'après Mäckel, 1992) :

- La **plaine rhénane de Colmar-Neuenburg**, avec le lit majeur du Rhin et la basse terrasse. Les deux unités sont séparées par le rebord de la terrasse. La basse terrasse est constituée de graviers essentiellement d'origine alpine qui s'étendent vers l'Ouest jusqu'à la dépression de l'Ill et atteignent Colmar. Côté alsacien la nappe est relativement profonde et les terrasses de graviers décalcifiés forment le paysage boisé de la Hardt. L'ancien lit majeur du Rhin (*Rheinaue*) est constitué de sédiments remaniés sur 3 à 5 m d'épaisseur à l'Holocène.
- A l'Est **les collines du Markgräflerland** avec la zone de piémont couverte de loess sur sa bordure ouest. Le domaine des loess est entaillé par **l'embouchure de Staufen** (Staufener Bucht) au débouché de la vallée de Münster.
- A l'Ouest **l'Ochsenfeld** à l'amont et **le Bassin potassique** à l'aval appartiennent à l'immense cône de déjection de la Thur et accessoirement de la Doller, constitué exclusivement de graviers vosgiens. Ce cône de déjection est limité à l'Est par la dépression où coule l'Ill du Sud vers le Nord, suivant la direction tectonique marquée par la **crête diapirique de Meyenheim**.

Au Sud le Rhin coule dans la trouée de Sierentz entre le Dinkelberg (calcaires jurassiques) à l'Est et le bloc soulevé du Sundgau à l'Ouest, constitué de marnes tertiaires recouvertes de cailloutis pliocènes et nappées d'une épaisse couche de loess.

Die Freiburger Bucht liegt zwischen dem Kaiserstuhl im Westen und dem Schwarzwald im Osten. Sie wird morphologisch in folgende Einheiten untergliedert:

- **Dreisam- und Elz-Glotter-Mündungsschwemmfächer** bilden flache kegelförmige Schotterkörper, die sich von der Austrittsstelle der Schwarzwaldtäler halbkreisförmig in die Freiburger Bucht vorbauen (Villinger, 1999). Die Schwemmkegel reichen bis an den Tuniberg und an den Nimberg und werden vom Kaiserstuhl durch die alpinen Kiese der Ostrheinrinne getrennt.
- Die **Mengener Brücke** besteht aus mächtigen Feinsedimentablagerungen (vermutlich überwiegend Löss). Sie gehört nicht zum Aquifer und bildet eine sanfte Erhebung im Süden der Freiburger Bucht.
- Der **Kaiserstuhl** besteht aus einem sedimentären Sockel im Osten (Kalksteine, Tone, Mergel des Oligozän) und subvulkanischen Gesteinen im Zentrum und Westen.
- **Tuniberg, Nimberg, Lehener Berg und der Hunnenbuck** sind Gipfel von Vorbergschollen, die über die Schotterebene der Freiburger Bucht herausragen.

Nördlich des Kaiserstuhls liegen im Untersuchungsgebiet folgende morphologische Einheiten [FISCHER 1967, FISCHER und KLINK 1967]:

Strasbourg-Offenburger Rheinebene. Ihr gehören auf badischer Seite die Mahlberg-Kippenheimweiler Platte und die Forchheimer Niederterrassenplatte an. Beide werden durch die Elzniederung (Kenzinger Niederung) voneinander getrennt.

Die ehemals geschlossen verbreitete Niederterrasse wurde bereichsweise von Schwarzwaldtäler

Le Bassin de Fribourg (Freiburger Bucht) est situé entre le Kaiserstuhl à l'Ouest et la Forêt-noire à l'Est. Il peut être subdivisé en plusieurs unités morphologiques :

- Les **cônes de déjection de la Dreisam et de l'embouchure de l'Elz et de la Glotter** constituent des corps sédimentaires s'étendant en demi-cercle depuis le débouché des cours d'eau dans le Bassin (Villinger, 1999). Ces cônes de déjection atteignent le Tuniberg et le Nimberg et sont séparés du Kaiserstuhl par les graviers alpins du Chenal Est du Rhin.
- Le **seuil de Mengen** (*Mengener Brücke*) comprend d'épais dépôts de sédiments fins (surtout du loess). Il constitue une hauteur limitant le Bassin de Freiburg au Sud.
- Le massif du **Kaiserstuhl** est constitué d'un socle sédimentaire à l'Est (Calcaires, argiles et marnes de l'Oligocène) et de roches subvolcaniques au centre et à l'Est.
- **Tuniberg, Nimberg, Lehener Berg et Hunnenbuck** sont les sommets de blocs des champs de fractures qui dépassent de la plaine sédimentaire du Bassin de Freiburg.

Au Nord du Kaiserstuhl on peut distinguer les unités morphologiques suivantes [FISCHER 1967, FISCHER und KLINK 1967]:

La plaine rhénane de Strasbourg-Offenburg. Elle comprend côté badois le plateau de Mahlberg-Kippenheimweiler et la terrasse de Forchheim, qui sont séparés par la dépression de l'Elz ou de la Kenzig.

La basse terrasse qui autrefois avait une étendue continue a été entaillée et partiellement déblayée

durchschnitten und im oberen Teil ausgeräumt. Anschließend wurden die Erosionsformen stellenweise wieder mit Schwarzwaldschottern verfüllt. Nördlich von Greffern schließt an die Strasbourg-Offenburger Rheinebene die Hardtebene an. Auf elsässischer Seite schließt im Süden der Strasbourg-Offenburger Rheinebene das **Große Ried** an, das durch Grundwasseraufbrüche („Brunnenwasser“) gekennzeichnet ist. Das Große Ried wird im Westen von der Ersteiner Lössterrasse begrenzt, die von der Andlauer Breusch ausgeräumt wurde. Der Blaesheimer Dom ist eine Hochscholle aus tertiären Mergelsteinen, die aus der Schotterebene herausragen. Die Breusch (*Bruche*) verlief früher südlich des Doms, heute liegt sie nördlich davon und transportiert rote Vogesensande bis Straßburg. Dort überdeckt die Schiltigheimer Lössterrasse am Fuß des Kochersbergs relativ mächtige Rheinschotterablagerungen. Sie wird im Süden von der Breusch und im Norden vom Schwemmfächer der Zorn begrenzt. Weiter nach Norden bildet die Terrasse von Hagenau-Riedseltz, die aus pliozänen Ablagerungen besteht, die Grenze zur Rheinebene. Auch sie ist teilweise mit Löss bedeckt. Nahe der Terrassenkante entstehen die Auengebiete des **Nordrieds** (*Ried nord*).

Im Osten schließen die in weiten Bereichen lössüberdeckten **Lahr- Emmendinger Vorberge** und vom Kinzigtal aus nördlich **die Ortenau-Bühler Vorberge** an die Rheinebene an [FISCHER 1967].

Im Norden des Bearbeitungsgebietes verläuft auf der Niederterrasse entlang des Westrandes der Ortenau-Bühler Vorbergzone die **Kinzig-Murg-Rinne**. Sie wurde vor allem von der Murg ab ihrem Austritt aus dem Gebirge südöstlich von Rastatt in die Niederterrassenschotter eingetieft. Später wurde die Rinne mit feinklastischen und organischen Ablagerungen verfüllt.

par les cours d'eau issus de la Forêt-noire. Les dépressions ont ensuite été en partie remblayées avec des graviers de Forêt-noire. Au Nord de Greffern la plaine de Strasbourg-Offenburg passe à la plaine de la Hardt.

Côté alsacien on distingue au Sud de la plaine de Strasbourg-Offenburg le **Grand ried** ello-rhénan caractérisé par des remontées de nappe (Brunnenwasser). Il est limité à l'ouest par la terrasse loessique d'Erstein dans laquelle s'est incisé et développé le **Bruch de l'Andlau**. Le **Dôme de Blaesheim** est le sommet d'un horst de marnes tertiaires qui interrompt les alluvions. Le cours de la Bruche qui passait anciennement au Sud de ce dôme passe aujourd'hui au Nord et apporte des sables rouges vosgiens jusqu'à Strasbourg. Au niveau de Strasbourg la terrasse loessique de Schiltigheim cache en bordure du Kochersberg des graviers rhénans relativement puissants. Elle est limitée au Sud par le cours de la Bruche et au Nord par le cône de déjection de la Zorn. Encore plus au Nord la plaine rhénane est limitée par la terrasse de Hagenau-Riedseltz, constituée de dépôts sédimentaires pliocènes en partie recouverts de loess. En bordure de terrasse les cours d'eau donnent lieu aux zones humides du **Ried nord**.

A l'Est la plaine rhénane est limitée par le **piémont de Lahr-Emmendingen**, largement recouvert de loess, et au Nord de la vallée de la Kinzig par le **piémont d'Ortenau-Bühl** [FISCHER 1967].

Au Nord de la zone d'étude la **dépression Kinzig-Murg** s'étend sur la basse terrasse en bordure du piémont d'Ortenau-Bühl. Cette dépression a été incisée dans la basse terrasse, surtout par la Murg depuis son débouché du massif de la Forêt-noire au SE de Rastatt. Cette dépression a ensuite été comblée par des dépôts sédimentaires fins riches en matière organique.

4 Geologische Entwicklung des Arbeitsgebietes

Histoire géologique du domaine d'étude

Der ca. 40 Kilometer breite und ca. 300 Kilometer lange Oberrheingraben ist eine südsüdwest – nordnordost verlaufende Bruchzone im nordwestlichen Vorland der Alpen [ZIEGLER 1992]. Er bildet den zentralen Teil einer der bedeutendsten Großstrukturen im geologischen Bau Mitteleuropas, die sich nach Süden über den Bresse- und Rhonegraben bis zum Mittelmeer erstreckt. Nach Norden setzt sie sich über die Hessische Senke bis zum Oslo-Graben fort.

Die Untergliederung des Oberrheingrabens in einen südlichen, mittleren und nördlichen Abschnitt, die in der vorliegenden Arbeit verwendet wird, erfolgte entsprechend dem tektonischen Bau sowie der lithologischen Ausbildung und Mächtigkeit der pliozänen und quartären Sedimente (Abb. 2.1, Abb. 4.1, Abb. 8.1, vgl. auch SCHAD, 1964, BARTZ, 1982).

Der *südliche Oberrheingraben* wird im Süden vom Schweizer Faltenjura begrenzt und reicht vom Sundgau bis zur Karlsruher Schwelle im Raum Hügelsheim/Sinzheim westlich von Baden-Baden. Dieser Bereich war im Quartär überwiegend ein Senkungsgebiet und ist durch mächtige quartäre Kies- und Sandablagerungen gekennzeichnet. Die Sedimente erreichen im Raum Geiswasser südwestlich des Kaiserstuhls (die sog. **Senke von Geiswasser**) bis zu 240 m und im Raum Offenburg ca. 200 m Mächtigkeit. Aufgrund der Nähe des Ablagerungsraumes zum alpinen Liefergebiet sind sie grobklastisch ausgebildet. Großflächig korrelierbare feinklastische Horizonte fehlen.

Der *mittlere Oberrheingraben* schließt nördlich von Baden-Baden bis in den Raum Speyer an. Dieser Bereich war im Pliozän und im Quartär eine

Le Fossé Rhénan supérieur est une zone de fractures alignée SSW-NNE située dans la partie NW de l'avant pays alpin [ZIEGLER 1992]. Il constitue la partie centrale de l'une des plus importantes mégastructures de l'Europe moyenne qui se poursuit vers le Sud par la Bresse et la vallée du Rhône jusqu'à la Méditerranée. Vers le Nord cette structure se poursuit par la dépression de Hesse jusqu'au fossé d'Oslo.

La subdivision du Fossé Rhénan supérieur en 3 secteurs (méridional, moyen et septentrional) utilisée dans ce rapport est basée sur des critères relatifs à la structure tectonique ainsi qu'aux caractéristiques lithologiques et à l'épaisseur des sédiments pliocènes et quaternaires (Fig. 2.1, 4.1, 8.1 et se référer à SCHAD, 1964, BARTZ, 1982).

La partie méridionale du Fossé rhénan supérieur est limitée au Sud par le Jura suisse et s'étend du Sundgau jusqu'au seuil de Karlsruhe dans le secteur de Hügelsheim/Sinzheim à l'W de Baden-Baden. Ce domaine était au Quaternaire une zone d'effondrement et se caractérise par une grande épaisseur de sédiments sablo graveleux quaternaires. Dans le secteur dit de la "**fosse de Geiswasser**" au SW du Kaiserstuhl leur puissance atteint jusqu'à 240 m, à Offenburg 200 m. Du fait de la proximité du domaine alpin, ces sédiments sont très grossiers et les horizons fins d'étendue significative susceptibles d'être corrélés entre eux manquent.

La partie moyenne du Fossé rhénan supérieur s'étend du N de Baden-Baden aux environs de Speyer. Ce secteur était au Pliocène et au Quater-

Schwellenregion. Sie ist durch West-Ost und Nord-nordost-Südsüdwest orientierte Verwerfungen in eine Vielzahl von Hoch- und Tiefschollen gegliedert (z.B. Büchelberger Horst, Rheinzaberner Horst, HGK, 1988). Im Bereich dieser so genannten Karlsruher Schwelle bzw. Rastatt-Karlsruher Schwelle [WERNER et al. 1995] erreichen die pliozänen und quartären Sedimente lediglich eine Mächtigkeit von insgesamt ca. 100 Metern, die quartären Kiese sind nur 30 Meter mächtig. Die Kiesbasis steigt an einem komplexen Störungssystem von ca. 20 m NN bei Membrechtshofen auf ca. 70 m NN nördlich von Karlsruhe an und fällt weiter im Norden wieder bis auf ca. -100 m NN (Basis Altquartär bei Wiesloch, HGK, 1988) ab.

Innerhalb der quartären Sedimente ist bereichsweise ein hydraulisch wirksamer feinklastischer Horizont („**Oberer Zwischenhorizont, OZH**“) ausgebildet, der den Kieskörper in einen oberen und einen unteren Grundwasserleiter unterteilt.

Nördlich von Speyer geht der mittlere Oberrheingraben in *den nördlichen Oberrheingraben* über, der im Norden vom Rheinischen Schiefergebirge begrenzt wird. Die pliozänen und quartären Sedimente erreichen im so genannten **Heidelberger Becken** Mächtigkeiten von ca. 1000 Meter [BARTZ 1982: 3] bzw. möglicherweise noch deutlich darüber [ELLWANGER et al. 2003]. Die altersmäßige Einstufung der Abfolge, insbesondere die Tiefenlage der Basis des Pliozän ist dort derzeit noch unklar [SALOMON 1927, FEZER 1974, ELLWANGER et al. 2003].

Innerhalb der Lockersedimente sind mächtige, lateral aushaltende und hydraulisch wirksame feinklastische Horizonte ausgebildet, die zu einer Untergliederung der Abfolge in einen oberen, mittleren und unteren Grundwasserleiter führen.

Tektonisch besteht der Oberrheingraben aus drei Groseinheiten, die zur Grabenmitte hin nahezu spiegelbildlich angeordnet sind [GROSCHOPF et al. 1996, WIMMENAUER et al. 2003, Abb. 4.1, 4.2].

naire eine région de seuils. Elle est organisée en une série alternante de compartiments engendrés par des failles de direction W-E à SSW-NNE (p. ex. le horst du Buchelberg, celui de Rheinzabern, HGK 1988). Au niveau du seuil de Karlsruhe les sédiments plio-quaternaires n'ont plus qu'une épaisseur d'environ 100 m, les sédiments quaternaires 30 m seulement. La base des alluvions remonte à la faveur de ce système tectonique complexe à une altitude de 20 m à Membrechtshofen et de 70 m au Nord de Karlsruhe ; plus au Nord elle redescend à -100 m sous le niveau de la mer (base du Quaternaire ancien près de Wiesloch, HGK 1988).

Un horizon intercalaire de sédiments fins suffisamment continu pour être hydrauliquement efficace existe au sein des sédiments quaternaires (**Intercalaire supérieur, OZH**) et séparant les alluvions en deux aquifères supérieur et inférieur.

On passe progressivement *dans la partie septentrionale* du Fossé Rhénan supérieur au Nord de Speyer, qui est limitée au Nord par le Massif Schisteux Rhénan. Les sédiments plio-quaternaires atteignent dans la "**Fosse de Heidelberg**" environ 1000 m (BARTZ, 1982 : 3) et peut-être bien plus [ELLWANGER et al. 2003]. L'attribution chronologique de la série, et plus particulièrement la profondeur de la base du Pliocène sont encore incertaines [SALOMON 1927, FEZER 1974, ELLWANGER et al. 2003].

Des horizons de sédiments clastiques fins relativement épais et continus, intercalés dans les alluvions, conduisent à diviser la série en aquifères inférieur, moyen et supérieur.

Du point de vue tectonique on distingue dans le domaine étudié trois unités majeures qui sont disposées en quelque sorte en miroir vers le centre du fossé [GROSCHOPF et al. 1996, WIMMENAUER

- Im Oberrheingraben bilden die quartären Kiese und Sande die oberste geologische Einheit. Er lässt sich in die zentral gelegene innere Grabenzone bzw. Grabenscholle und die nach Westen und Osten anschließende Grabenrandzone gliedern.
- Westlich und östlich davon schließen die Vorberge der Vogesen und des Schwarzwaldes an. Sie bestehen aus Bruchschollen und werden von tertiären bis mesozoischen Sedimentgesteinen aufgebaut.
- Diese beiden Einheiten werden von den Graniten und Gneisen der Vogesen und des Schwarzwaldes eingerahmt.

Diese generelle Unterteilung ist gebietsweise in Bereichen komplexer Störungsmuster erschwert.

Der Kaiserstuhl als miozäner Vulkanschlot liegt an der Grenze zwischen der Freiburger Bucht im Osten und der Grabenscholle des Oberrheingrabens.

et al. 2003, Fig. 4.1, 4.2].

- les sables et graviers quaternaires constituent l'unité supérieure. Elle se décompose en une zone centrale affectées de horsts et de grabens d'une part, et de zones de bordure de fossé à l'Est et à l'Ouest d'autre part ;
- Les flancs Est et Ouest du Fossé sont constitués respectivement par les collines sous-vosgiennes et le piémont de la Forêt-noire, composés de champs de fractures impliquant des terrains sédimentaires tertiaires et secondaires.
- Ces deux unités sont elles-mêmes bordées par les granites et les gneiss des Vosges et de la Forêt-noire (*Schwarzwald*).

Cette disposition générale peut se trouver localement compliquée par des jeux de failles plus complexes.

Le volcan d'âge miocène du Kaiserstuhl se situe à la limite entre le Bassin de Freiburg à l'Est et la partie effondrée du Fossé Rhénan supérieur.

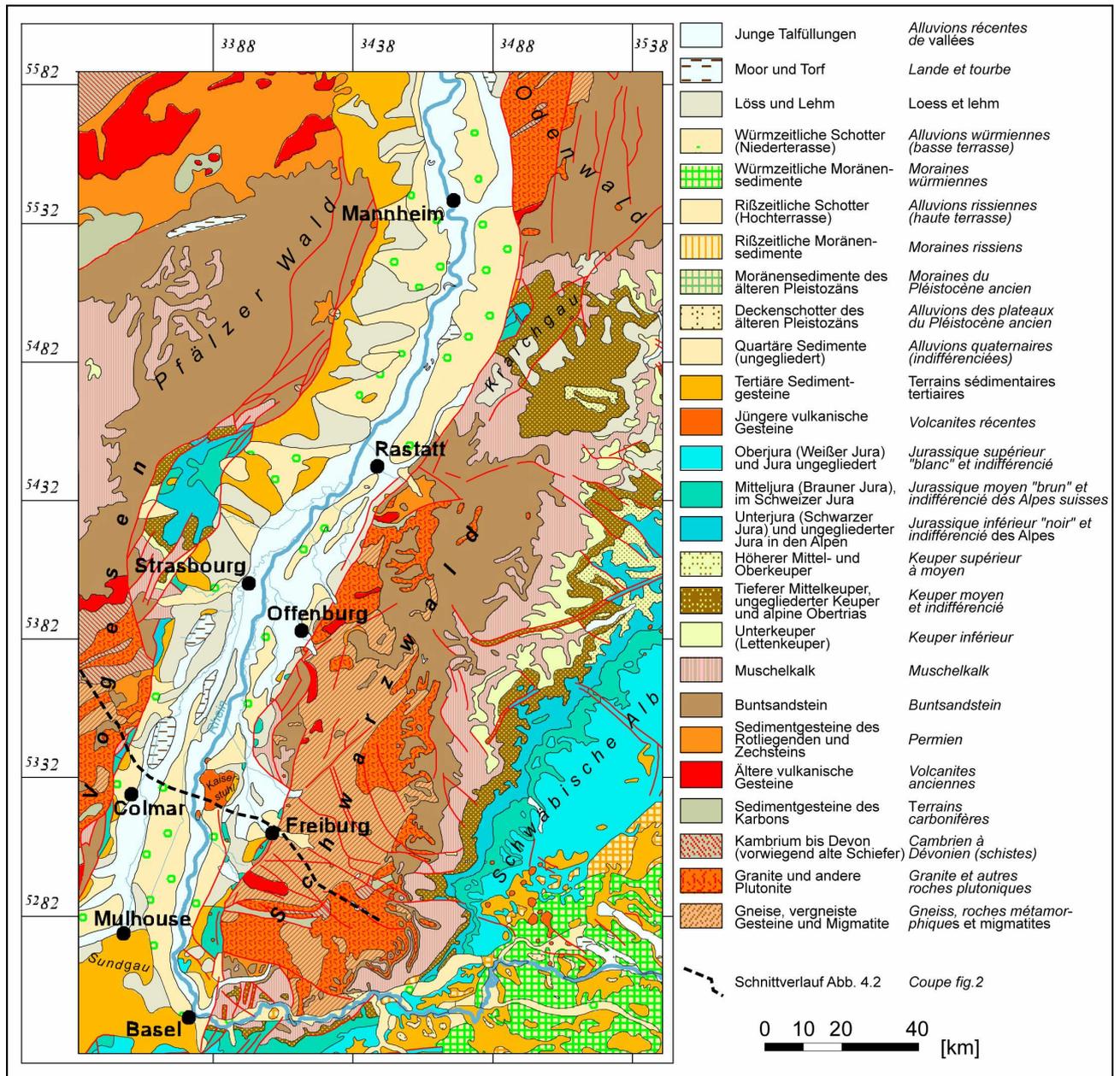


Abbildung. 4.1: Geologische Übersichtskarte (Grundlage: Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000000, LGRB, 1998a).
 Figure 4.1: Carte géologique d'ensemble (d'après la Carte géologique scolaire du Bade-Wurtemberg à 1/1000000, LGRB, 1998a).

Der tiefe Untergrund des Oberrheingrabens besteht aus kristallinen Gesteinen (Granite und Gneise), die auch im Schwarzwald und den Vogesen vorkommen (Abb. 2.1, 4.1, 4.2). Darüber folgen Sedimente aus der Zeit des Perm bis Jura, die noch vor der Grabenentstehung abgelagert wurden.

Der Oberrheingraben entwickelte sich vermutlich entlang älterer geologischer Strukturen, die im Zusammenhang mit tektonischen Vorgängen bei der Entstehung der Alpen reaktiviert wurden [HÜTTNER 1991, S. 24 ff, SCHUHMACHER 2002]. Hinweise auf eine aktive Tektonik an Teilabschnitten der Vogesenstörung vor der Ablagerung der alttertiären Sedimente ergeben sich u.a. auch aus einem 3D Retrodeformationsmodell, das für den Raum Colmar erstellt wurde [BERTRAND et al. 2005]. Der großräumigen schildförmigen Aufwölbung der Erdkruste im Bereich des heutigen Oberrheingrabens und des Rheinischen Schiefergebirges folgte seit dem Mittel-ozän vor ca. 50 Millionen Jahren das Einsinken des Oberrheingrabens entlang tiefreichender Bruchstrukturen.

Die Haupteinsenkung erfolgte im Obereozän und im Oligozän, wobei diese Entwicklung im Süden begann und sich dann nach Norden fortsetzte [PFLUG 1982, HÜTTNER 1991]. Während dieser Zeit wurden im Graben überwiegend limnische und marine Sedimente abgelagert. Die Ablagerungen bestehen im zentralen Graben im wesentlichen aus grauen und grünlichen Ton- und Mergelsteinen in die bereichsweise im Süden Anhydrit-, Gips-, Steinsalz- und Kalisalzlager eingelagert sind. Am Grabenrand überwiegen Kalk- und Sandsteine mit Konglomeraten.

Im Miozän fiel der Graben im Süden und in der Mitte als Folge von Hebungen weitgehend trocken. Die Verlandung setzte im Süden des Grabens bereits im frühen, in der Mitte erst im späten Untermiozän ein [VILLINGER 1999: S. 12] und hielt bis in das

Le socle profond du Fossé rhénan supérieur est constitué de terrains cristallins et cristallophylliens affleurant tant dans les Vosges qu'en Forêt-noire (Fig. 2.1, 4.1, 4.2). Sur ce socle se sont déposées, avant l'effondrement du Fossé, des formations sédimentaires d'âge allant du Permien au Jurassique.

Le Fossé Rhénan s'est probablement développé le long d'anciennes structures géologiques qui ont été réactivées lors de la formation des Alpes [HÜTTNER 1991, S. 24 ff, SCHUHMACHER 2002]. Il existe des indices d'une tectonique active ayant affecté certains tronçons de la faille vosgienne antérieurement au dépôt des sédiments du Tertiaire ancien comme le confirme un modèle de rétrodéformation en 3 D effectué pour le secteur de Colmar [BERTRAND et al. 2005]. Une voûture de la croûte dans le domaine de l'actuel Fossé rhénan supérieur et du Massif Schisteux Rhénan a précédé l'effondrement du Fossé le long de structure profondes depuis l'Eocène moyen (il y a environ 50 Ma).

Le paroxysme de l'effondrement a été atteint à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène, en débutant au Sud pour se poursuivre vers le Nord [PFLUG 1982, HÜTTNER 1991]. Durant cette période ce sont des sédiments essentiellement limniques ou d'origine marine qui se sont déposés dans le Fossé. Dans le centre du Fossé se sont des argiles et des marnes grise à vertes, accompagnées localement dans le Sud par de l'anhydrite, du gypse, du sel gemme et de la potasse tandis que sur les bordures ce sont essentiellement des calcaires, des grès et des conglomérats.

Du fait de soulèvements le Fossé s'assécha presque complètement au Miocène dans sa partie sud et centrale. Les terrains exondés apparurent d'abord au Sud, puis au centre à la fin du Miocène inférieur [VILLINGER 1999: S. 12] et cela dura jusqu'au

Obermiozän an. Aus dieser Zeit sind im südlichen Graben keine Ablagerungen bekannt. In die Zeit des Unteren und Mittleren Miozäns fallen die Ausbrüche der Kaiserstuhlvulkane. Sie begannen vor ca. 19 Millionen Jahren und dauerten bis vor ca. 15 Millionen Jahren [WIMMENAUER 2003: 129].

Die zweite Einsenkungsphase begann im Nordteil des Oberrheingrabens im Pliozän vor ca. 5,3 Millionen Jahren. Dort wurden mächtige Fluss- und Seesedimente abgelagert. Nach BARTZ (1976) wurden die pliozänen Sedimente südlich einer Linie von Sélestat – Lahr vor Ablagerung der quartären Sedimente abgetragen. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch südlich des Kaiserstuhls pliozäne Sedimente insbesondere in tektonisch abgesenkten Bereichen vorhanden sind (Iffezheim-Formation, WIRSING et al. 1999a; HAGEDORN 2004). Die tertiären Sedimente erreichen im Süden des Oberrheingrabens eine Mächtigkeit von über 2000 Metern, im Norden werden sie mehr als 3000 Meter mächtig [PFLUG 1982].

Miocène supérieur ; quelques rares dépôts de sédiments sont connus uniquement au Nord. C'est au Miocène moyen qu'apparut le volcanisme du Kaiserstuhl, commençant vers 19 Ma pour durer jusqu'à 15 Ma [WIMMENAUER 2003: 129].

La seconde phase d'effondrement du Fossé débuta au Pliocène vers env. 5, 3 Ma ; d'importants dépôts lacustres et fluviaux se déposèrent alors. D'après BARTZ (1976) les sédiments pliocènes déposés au Sud d'une ligne Sélestat-Lahr ont été érodés avant le dépôt des alluvions quaternaires. Des travaux récents montrent que même au Sud du Kaiserstuhl des sédiments pliocènes sont représentés dans des secteurs effondrés tectoniquement (Formation d'Iffezheim, WIRSING et al. 1999a, HAGEDORN 2004).

Les dépôts tertiaires atteignent plus de 2000 m d'épaisseur dans le Sud du Fossé rhénan supérieur et plus de 3000 m dans le Nord [PFLUG 1982].

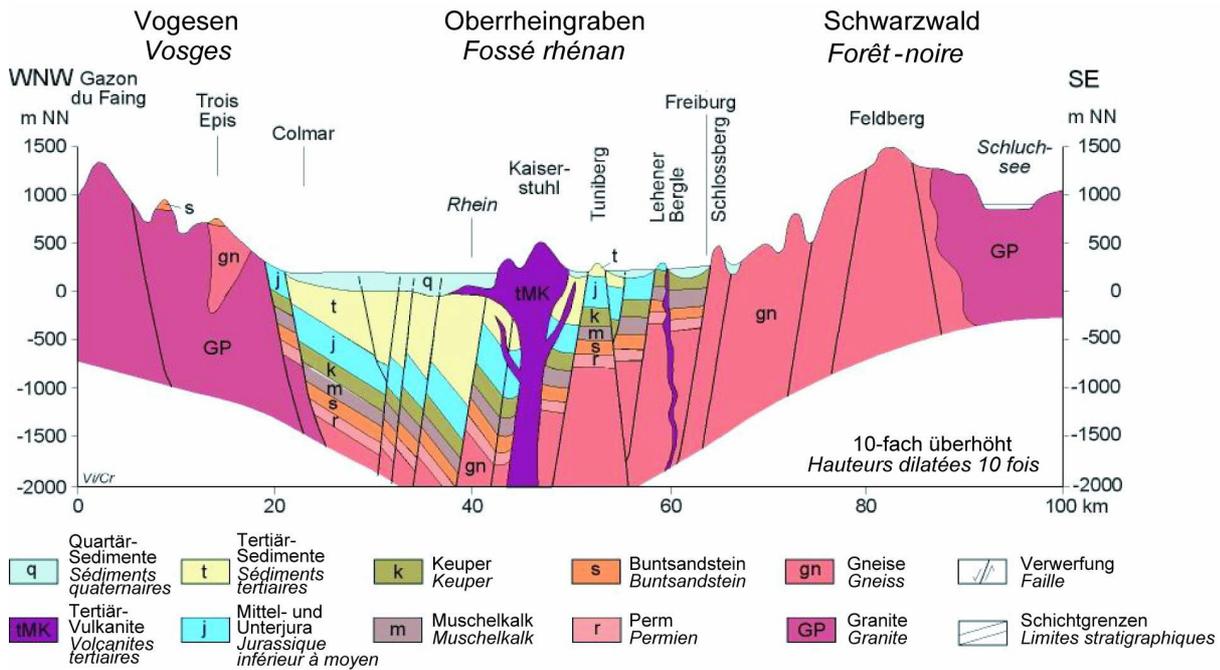


Abbildung 4.2: Geologischer Schnitt von den Vogesen zum Schwarzwald auf Höhe des Kaiserstuhls nach Villinger (2002) (Schnittverlauf: siehe Abb. 4.1).
 Figure 4.2 : Coupe géologique schématique des Vosges à la Forêt-noire à la hauteur du Kaiserstuhl d'après Villinger (voir le tracé de coupe fig. 4.1).

Die flussgeschichtliche Entwicklung von Rhein, Aare und Donau seit dem Miozän wird bei VILLINGER (1986, 1998, 1999) ausführlich beschrieben. Seit dem Untermiozän bestand im Oberrheingraben im Bereich Colmar-Kaiserstuhl-Emmendingen eine Wasserscheide. Der Ur-Rhein entsprang nördlich des Kaiserstuhls und entwässerte nach Norden.

Schwarzwald- und Vogesenflüsse und -bäche, die südlich der Kaiserstuhlwasserscheide in den Oberrheingraben eintraten, entwässerten im Mittel- bis Obermiozän vor der Auffaltung des schweizer Juragebirges nach Südosten in das Molassebecken vor dem Alpennordrand [VILLINGER 1998]. Gemeinsam mit der Aare und der Walliser Rhone bildeten sie Quellflüsse der Ur-Donau, die als großes Entwässerungssystem am Nordrand des nördlichen Molassebeckens verlief.

L'histoire des fleuves Rhin, Aar et Danube depuis le Miocène a été décrite de façon détaillée par VILLINGER (1986, 1998, 1999). Une ligne de partage des eaux a existé depuis le Miocène inférieur au niveau de Colmar-Kaiserstuhl-Emmendingen. Le Rhin primitif prenait sa source au Nord du Kaiserstuhl et s'écoulait vers le Nord.

Les cours d'eau des Vosges et de la Forêt-noire qui atteignaient le Fossé rhénan au Sud de la ligne de partage des eaux du Kaiserstuhl s'écoulaient au Miocène moyen et supérieur, avant le plissement du Jura suisse, vers le bassin molassique longeant la bordure nord des Alpes [VILLINGER 1998]. Avec l'Aare et le Rhône Valaisan ils constituaient les affluents du Danube primitif, qui s'écoulait en bordure nord du bassin molassique nord des Alpes.

Im Obermiozän/Unterpliozän wurden die Flüsse aus dem Gebiet südlich der Kaiserstuhlwasserscheide nach Südwesten abgelenkt und entwässerten über den Doubs durch den Sundgau zum Mittelmeer. An dieses System wurde in der Mitte des Pliozän (vor ca. 3,2 Millionen Jahren) die Aare angeschlossen, deren Verbindung zur Donau im Raum Waldshut als Folge tektonischer Hebungen unterbrochen worden war. Die Aare wurde so nach Westen abgelenkt und gemeinsam mit ihren Zuflüssen Walliser Rhone, Reuss und Limmat zum Oberlauf des Doubs. Dieser nach Süden entwässernde Aare-Doubs lagerte im Oberpliozän am Südrand des Oberrheingrabens die Sundgauschotter ab.

Au Miocène supérieur/Pliocène inférieur les cours d'eau originaires du Sud de la ligne de partage des eaux du Kaiserstuhl détournés vers le Sud-Ouest s'écoulaient à travers le Sundgau vers le Doubs et la mer Méditerranée. Au milieu du Pliocène (il y a environ 3,2 Ma) ce système a capturé l'Aare dont l'écoulement vers le Danube était bloqué par des soulèvements tectoniques au niveau de Waldshut. L'Aare ainsi détournée vers l'Ouest constituait alors avec ses affluents le Rhône Valaisan, la Reuss et la Limmat le cours supérieur du Doubs. C'est ce fleuve Aare-Doubs qui a déposé au Pliocène supérieur les Cailloutis du Sundgau au Sud du Fossé rhénan supérieur.

5 Geologische und tektonische Verhältnisse

Contexte géologique et tectonique

Das Bearbeitungsgebiet wird in drei Bereiche unterteilt. Ihre geologische und tektonische Situation wird im Folgenden beschrieben.

5.1 BEREICH SÜDLICH DES KAISERSTUHL

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Inneren und Äußeren Grabenzone des Oberrheingrabens. Die Äußere Grabenzone mit der Vorbergzone grenzt im Osten mit der Schwarzwaldrandverwerfung an das kristalline Grundgebirge, im Westen mit der Rheinverwerfung an die Innere Grabenzone. Auf französischer Seite trennt die Vogesenstörung das kristalline Grundgebirge von der Vorbergzone, die wiederum von einer Rheinverwerfung im Osten begrenzt wird. Diese wichtigen rheinischen Störungen sowie weitere nordnordwest-südsüdost verlaufende Störungen haben Auswirkungen auf die Verbreitung und Mächtigkeit zumindest der basalen hydrogeologischen Einheiten der Lockergesteinsfüllung (Iffezheim-Formation und Breisgau-Formation). Da die tektonischen Bewegungen noch bis in die Gegenwart anhalten [u.a. SCHWEIZER 1992], ist auch ein steuernder Einfluss auf die Ablagerungsprozesse und -produkte der jüngeren Einheiten anzunehmen.

Südlich des Kaiserstuhls sind im tertiären Festgesteinsuntergrund mehrere Strukturen vorhanden, die auf salztektonisch bedingte Bewegungen zurückgeführt werden (Abb. 5.1). Sie zeichnen sich teilweise in der Mächtigkeitsverteilung der darüber liegenden pliozänen und quartären hydrogeologischen Einheiten ab (vgl. Kap. 10). Im Elsass verläuft der Meyenheimer und Marckolsheimer

La région étudiée est divisée en trois secteurs dont le contexte géologique et tectonique sera détaillé ci-dessous.

5.1 AU SUD DU KAISERSTUHL

Les terrains étudiés appartiennent à l'intérieur et à la bordure du Fossé rhénan supérieur. La zone de bordure Est comprenant les collines du piémont de la Forêt-noire est séparée du domaine cristallin à l'Est par la faille bordière de la Forêt-noire et du Fossé à l'Ouest par une faille rhénane. Côté français la Faille vosgienne sépare le socle vosgien des collines sous-vosgiennes, elles-mêmes limitées à l'Est par une faille rhénane. A ces failles de direction dite rhénane s'ajoutent des failles de directions transverses (NNW-SSE) qui ont conditionné au moins les dépôts de base des alluvions constituant les formations aquifères (Formations d'Iffezheim et de Breisgau). Comme les mouvements tectoniques se sont poursuivis jusqu'à nos jours (SCHWEIZER 1992), ils ont aussi eu probablement une influence sur les dépôts plus récents.

Au Sud du Kaiserstuhl il existe plusieurs structures tectoniques du substratum tertiaire qui sont à attribuer à des mouvements causés par la tectonique des terrains salifères (Fig. 5.1). Elles se repercutent en partie dans les épaisseurs relatives des unités hydrogéologiques pliocènes et quaternaires qui s'y superposent. (cf. chap.10). En Alsace les "crêtes diapiriques" de Meyenheim et de Marc-

Salzrücken annähernd in Süd-Nord-Richtung. Dazwischen liegt der Dom von Hettenschlag, der fast bis zur Geländeoberfläche reicht und die heutige Topographie leicht beeinflusst. Auf badischer Seite beginnt der so genannte Weinstetter Diapir [ESSLINGER 1968] bei Heitersheim/Eschbach/Bremgarten. Er verläuft in nordwestliche Richtung und setzt sich bei Fessenheim/Balgau auf französischer Seite als Fessenheimer Salzrücken bis zum Dom von Hettenschlag fort. Ein zweiter Salzrücken (Obersaasheimer Rücken) zweigt bei Fessenheim in nördliche Richtung ab und reicht bis an den Nordwestrand des Kaiserstuhls [LUTZ und CLEINTUAR 1999]. Im Bereich der Verzweigung liegt der Balgauer Dom, der die älteren Quartärkiese durchstößt (INTERREG II, 2002). Bei Bremgarten/Eschbach südlich von Hartheim reichen die oligozänen Tonmergel bis ca. 10 Meter unter die Geländeoberfläche. Nordöstlich und südwestlich des Weinstetter Diapirs schließen Senken mit erhöhter Quartärmächtigkeit an (HGK, 1977).

5.2 FREIBURGER BUCHT

Die Freiburger Bucht liegt überwiegend in der Randlichen Vorbergzone des südlichen Oberrheingraben zwischen der Schwarzwaldrandverwerfung im Osten und der Inneren Rheingrabenverwerfung im Westen (Abb. 4.1). Das Elz- und Glottertal sowie das Dreisamtal liegen im kristallinen Grundgebirgsschwarzwald (Abb. 4.1, Abb. 5.2).

Der präquartäre Untergrund der Freiburger Bucht ist durch Störungen in eine Vielzahl von Schollen aus mesozoischen und tertiären Gesteinen gegliedert. Tuniberg, Nimberg, sowie Hunnenbuck und Lehener Berg bilden Hochschollen, die aus der quartären Kiesfüllung der Freiburger Bucht herausragen.

kolsheim s'étendent *grosso modo* Nord-Sud ; entre les deux on trouve le dôme du Hettenschlag qui atteint presque la surface du sol et déforme légèrement la topographie actuelle. Côté badois s'amorce le diapir dit de Weinstten [ESSLINGER 1968] près de Heitersheim/Eschbach/Bremgarten ; de direction NW il se prolonge près de Fessenheim/Balgau côté français comme "dorsale de Fessenheim" jusqu'au dôme de Hettenschlag. Une autre dorsale (dite d'Obersaasheim) se ramifie à Fessenheim vers le Nord et atteint le bord NW du Kaiserstuhl [LUTZ und CLEINTUAR 1999]. Au niveau de la ramification se situe le dôme de Balgau qui recoupe les alluvions quaternaires anciennes (INTERREG II, 2002). Près de Bremgarten au Sud de Hartheim les marnes oligocènes arrivent à 10 m environ de la surface ; au NE et au SW du diapir de Weinstetten on rencontre des dépressions avec des épaisseurs plus importantes de Quaternaire (HGK, 1977).

5.2 BASSIN DE FREIBURG

Ce bassin se situe essentiellement dans la zone de bordure des collines de piémont de la Forêt-noire entre la faille bordière à l'Est et la faille rhénane à l'Ouest (Fig. 3.1). Les vallées de l'Elz et de la Glotter ainsi que de la Dreisam sont entaillées dans le socle cristallin (Figs. 4.1 et 5.2).

Le substratum antéquaternaire du bassin de Freiburg est découpé par des failles en toute une série de compartiments de terrains secondaires et tertiaires. Tuniberg, Nimberg, Hunnenbuck et Lehener Berg sont de petits horsts qui émergent du remplissage de graviers quaternaires.

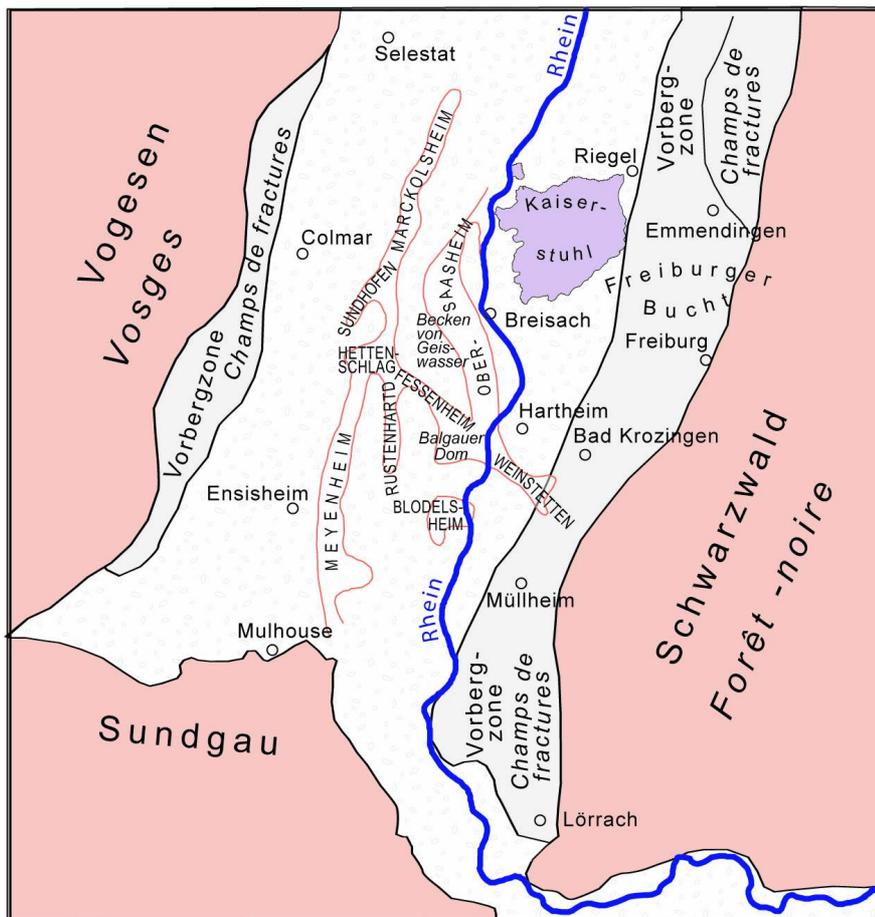


Abbildung 5.1: Lage der Salzrücken und –Diapire im südlichen Oberrheingraben (in Anlehnung an Lutz & Cleintuar (1999) und Hagedorn (2004)).
 Figure 5.1: Localisation des structures diapiriques du Sud du Fossé rhénan (d'après Lutz & Cleintuar (1999) et Hagedorn (2004)).

5.3 BEREICH NÖRDLICH DES KAISERSTUHL

Nördlich des Kaiserstuhls setzt sich die tektonische Gliederung des Oberrheingrabens in die zentralen Grabenzone, die Grabenrandzone und das kristalline Grundgebirge fort.

Im Osten wird die Grenze zwischen dem quartären Lockergestein, dem Deckgebirge und dem Grundgebirge durch die Rheingrabenverwerfung und die Schwarzwaldrandverwerfung gebildet (z.B. auf den Blättern 8013 Freiburg, 7913 Freiburg NO, 7813 Emmendingen).

Der Festgesteinsrahmen der Vorbergzone auf badischer und elsässischer Seite besteht aus meso-

5.3 AU NORD DU KAISERSTUHL

La structuration tectonique en zone centrale du Fossé, zone de bordure et socle cristallin se poursuit au Nord du Kaiserstuhl.

A l'Est, faille rhénane et faille bordière de la Forêt-noire (Schwarzwald) délimitent la zone des alluvions quaternaires, la zone des sédiments de couverture et le socle (exemples sur les feuilles 8913 Freiburg, 7913 Freiburg NE, 7813 Emmendingen).

Le substratum des collines côté badois et côté alsacien est constitué par des terrains secondaires

zoischen und tertiären Sedimenten, die bereichsweise von mächtigem Löss überlagert werden. Die Lössüberdeckung erreicht südlich Lahr eine Mächtigkeit von ca. 40 m, am östlichen Ortsrand von Hohberg südlich Offenburg wurde Löss und Lösslehm in einer Mächtigkeit von ca. 43 Metern erbohrt (Bohrung LGRB-Nr. 7513/802). Die Festgesteine der Vorbergzone am Schwarzwaldrand werden am Übergang zur Grabenzone an mehreren Verwerfungen staffelartig zur Tiefe hin versetzt (vgl. Hydrogeologische Querprofile 1 – 3, Anlage). Die Versatzbeträge an den Störungen sowie die stratigrafische Zuordnung des Festgesteinsuntergrundes sind flächenhaft nicht bekannt, da der Festgesteinssockel am Grabenrand meist von Löss und im Grabeninneren von pliozänen und quartären Kiesen und Sanden überlagert wird. Nur wenige Bohrungen reichen bis in den Festgesteinsuntergrund. Sofern in den Bohrbeschreibungen Angaben über die stratigrafische Einstufung der Lockergesteinsbasis gemacht wurden, wurde die stratigrafische Information in den Profilschnitten dokumentiert (Anlage). In der Vorbergzone wurde die geologische Zuordnung den geologischen Karten entnommen (auf deutscher Seite Maßstab 1:25 000, auf französischer Seite Maßstab 1:50 000).

Im Raum Lahr wird der Untergrund vom Rhein im Westen bis zum Schwarzwald im Osten in folgende tektonische Einheiten untergliedert: Grabenscholle – lößbedeckte Lahrer Vorbergzone mit mesozoischen Schichten – Buntsandsteinplatte – Grundgebirge. Auf dem Kartenblatt GK 7613 Lahr/Schw.-Ost setzt sich das dominante Störungssystem des Grundgebirges ohne nennenswerte Unterschiede kontinuierlich in einem 4-5 Kilometer breiten Streifen bis an die Langenhard-Langeck-Störungszone im Deckgebirge staffelartig fort (GLA, 1994).

Somit gibt es an der östlichen Grenze der Buntsandsteinplatte keine deutlich erkennbare Haupt-

ou tertiaires parfois recouverts par d'épaissees couches de loess. Cette couverture atteint au Sud de Lahr une épaisseur de 40 m environ ; à l'Est de Hohberg et au Sud d'Offenburg les loess et loesslehms atteignent en forage 43 m (LGRB N° 7513/802). Le substratum des collines en bordure de la Forêt-noire s'abaissé en gradins suivant plusieurs failles de direction rhénane (*cf.* coupes transversaux hydrogéologiques 1 - 3, annexe). Les valeurs des rejets des failles ainsi que l'attribution stratigraphique des terrains ne sont pas connus partout car ces derniers sont souvent recouverts de loess en bordure du Fossé et de sables et graviers quaternaires et pliocènes dans le Fossé lui-même. Rares sont les forages qui ont atteint le substratum. Dans le cas de forages exécutés jusqu'au substratum, cette information a été intégrée dans les profils hydrogéologiques (annexe). Pour les collines du piémont les données stratigraphiques ont été empruntées à la carte au 25 000 côté allemand et à la carte au 50 000 côté français.

Dans le secteur de Lahr le sous-sol du Rhin peut être subdivisé comme suit d'Ouest en Est : Fossé – collines mésozoïques de Lahr recouvertes de loess – dalle de Buntsandstein – socle. Sur la feuille GK 7612 Lahr/Schw.-Est le système dominant de failles du socle se poursuit en gradins successifs sur 4 à 5 km jusqu'à la couverture faillée de Langenhard-Langeck sans modification notable (GLA, 1994).

Il n'y a par conséquent pas de faille-limite nette séparant à l'Est la dalle de Buntsandstein du so-

verwerfung, die Grund- von Deckgebirge trennt. Sie liegt je nach Erosionsniveau an unterschiedlichen Störungen. Dieses bruchtektonische Bild des Grundgebirgsrandes mit schmalen Schollen und engständigen Störungen ist auch im randlichen Deckgebirge vorhanden und bedingt den komplizierten strukturgeologischen Bau der Buntsandsteinplatte. Dabei weisen die Störungen, die die einzelnen Schollen begrenzen, keine einheitlichen Richtungen auf. Als bedeutendes Element zeichnet sich die westsüdwest-ostnordost orientierte Lahrer Senke ab.

Die Lahrer Verwerfung fällt mit der morphologischen Grenze zwischen der Buntsandsteinplatte und den Lösshügeln im Westen zusammen. Sie hat eine aufsummierte Sprunghöhe von 900-1000 m bei Sulz, 1030-1100 m bei Lahr und nimmt auf ca. 500 m bei Diersberg ab. Damit handelt es sich um eine der bedeutendsten Verwerfungen der Region.

Auf elsässischer Seite breiten sich nördlich von Strasbourg die Randschollen der Vorbergzone aus. Sie bilden dort die Zaberner Bruchzone, die bis 40 km breit ist (Abb. 5.2).

Im Graben liegen entlang der Rheinstörung Hochschollen aus tertiären Mergelsteinen (Oligozän, von Süden bis Norden, Abb. 3.1):

- Der Kochersberg, der unter einer mächtigen Lössdecke liegt, sowie der vorgelagerte Blaesheimer Dom,
- Die Terrasse von Hagenau-Riedseltz, die von pliozänen Sande und Tone bedeckt ist.

cle ; la faille limite change suivant le niveau d'érosion. L'image de cette tectonique de fracture avec des compartiments étroits et des failles resserrées intéresse aussi la couverture et conditionne la structure géologique compliquée de la couverture de grès du Buntsandstein. Les directions de failles ne sont pas non plus très homogènes. L'élément tectonique le plus important est la structuration WSW-ENE du fossé de Lahr.

La faille de Lahr coïncide avec la limite morphologique entre la dalle de grès du Buntsadstein et les collines de loess. Son rejet total est de 900 à 1000 m à Sulz, de 1030 à 1100 m à Lahr et diminue à environ 500 m près du Diersberg ; il s'agit là de l'une des plus importantes failles de la région.

Côté alsacien les champs de fractures se développent à partir de la hauteur de Strasbourg pour former le champ de fractures de Saverne, de près de 40 km de large (Fig. 5.2).

Des horsts de terrains tertiaires (marnes oligocènes) jalonnent la faille rhénane dans le graben, du Sud vers le Nord (Fig. 3.1):

- le Kochersberg, recouvert de loess et précédé par le dôme de Blaesheim,
- la terrasse de Hagenau-Riedseltz, recouverte de sables et argiles d'âge pliocène.

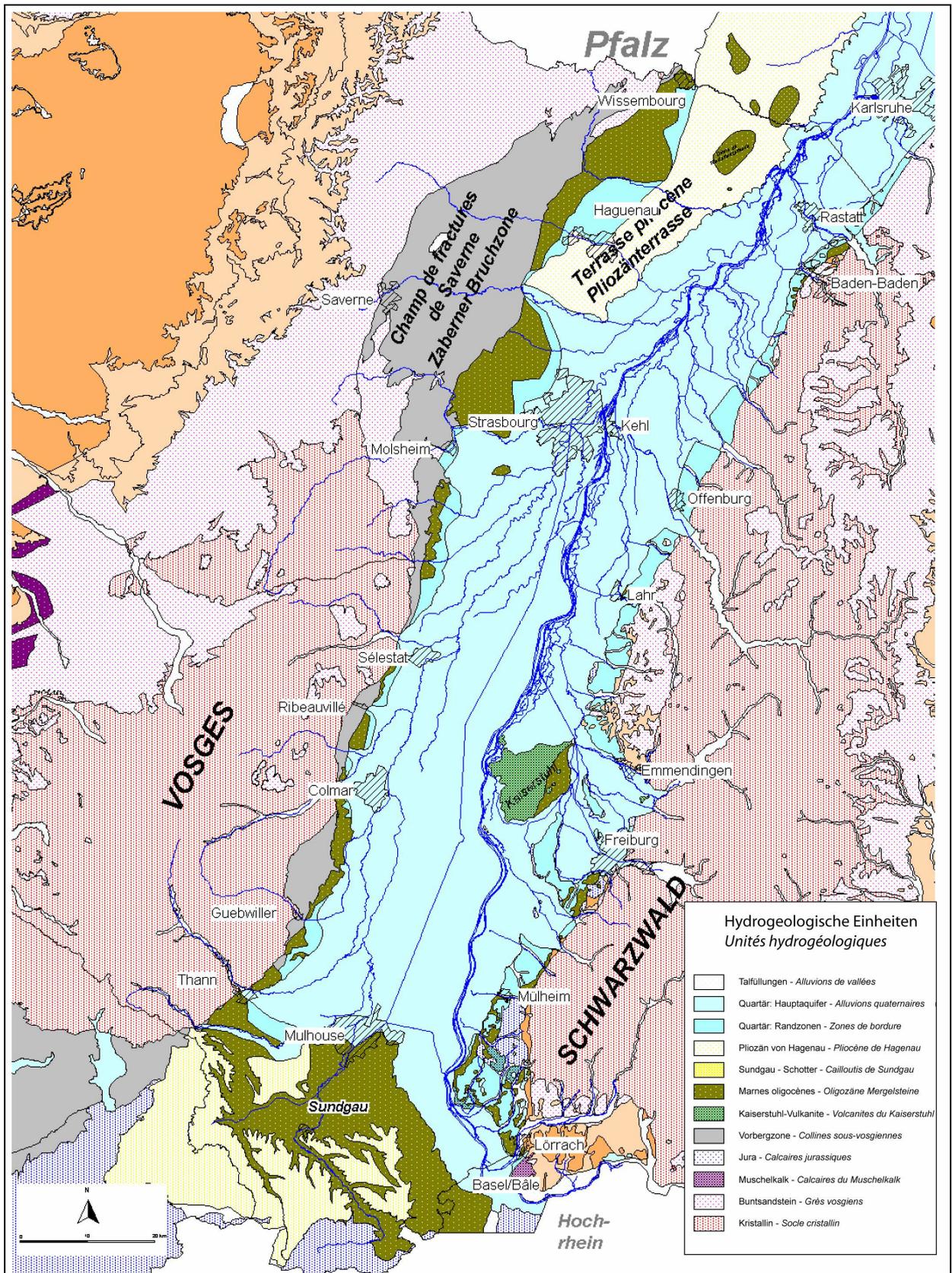


Abbildung 5.2: Hydrogeologische Karte des südlichen und mittleren Oberrheingrabens.
Figure 5.2: Carte hydrogéologique de la partie sud et centrale du Fossé rhénan supérieur.

6 Datengrundlage, Flusseismik, Produkte

Données disponibles, sismique fluviale, délivrables

6.1 DATENGRUNDLAGE

Bei der Bearbeitung konnte auf die Ergebnisse aus mehreren grenzüberschreitenden Projekten zurückgegriffen werden:

- Im Rahmen des L'IFE- Projektes „Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens“ (L'IFE, 1996) wurde in einer Übersichtskarte die Basis des Kiesgrundwasserleiters dargestellt. Für den Raum Strasbourg-Offenburg wurde ein mehrschichtiges hydrogeologisches Modell erstellt.
- Für den schweizer Teil des Bearbeitungsgebietes wurden die Daten des INTERREG II - Projektes „Hochrhein“ (INTERREG II, 2001) genutzt und an das nördlich anschließende Gebiet angepasst.
- Im Gebiet südlich des Kaiserstuhls konnten in Rheinnähe Ergebnisse verwendet werden, die im Rahmen des INTERREG II-Projektes „Grenzüberschreitende Erkundung des rheinnahen Aquifers zwischen Fessenheim und Breisach“ (INTERREG II, 2002) erarbeitet wurden.

6.1 DONNEES DISPONIBLES

Les travaux se sont appuyés sur les résultats acquis au cours de plusieurs projets transfrontaliers précédents :

- Dans le cadre du projet L'IFE de "Démonstration pour la protection et la gestion de la nappe franco-germano-suisse du Rhin supérieur" (L'IFE, 1996), une première carte d'ensemble du substratum de l'aquifère des graviers quaternaires avait été élaborée. Une première approche multicouche avait été esquissée dans le secteur Strasbourg-Offenburg.
- Dans la partie suisse de la zone d'étude les données issues du projet INTERREG II "Hochrhein" ont été réutilisées et harmonisées avec les secteurs situés plus au Nord (INTERREG II, 2001).
- Pour le secteur rhénan au Sud du Kaiserstuhl, on a pu utiliser les résultats du projet INTERREG II de "Reconnaissance transfrontalière de l'aquifère profond dans la bande rhénane entre Fessenheim et Breisach" (INTERREG II, 2002).

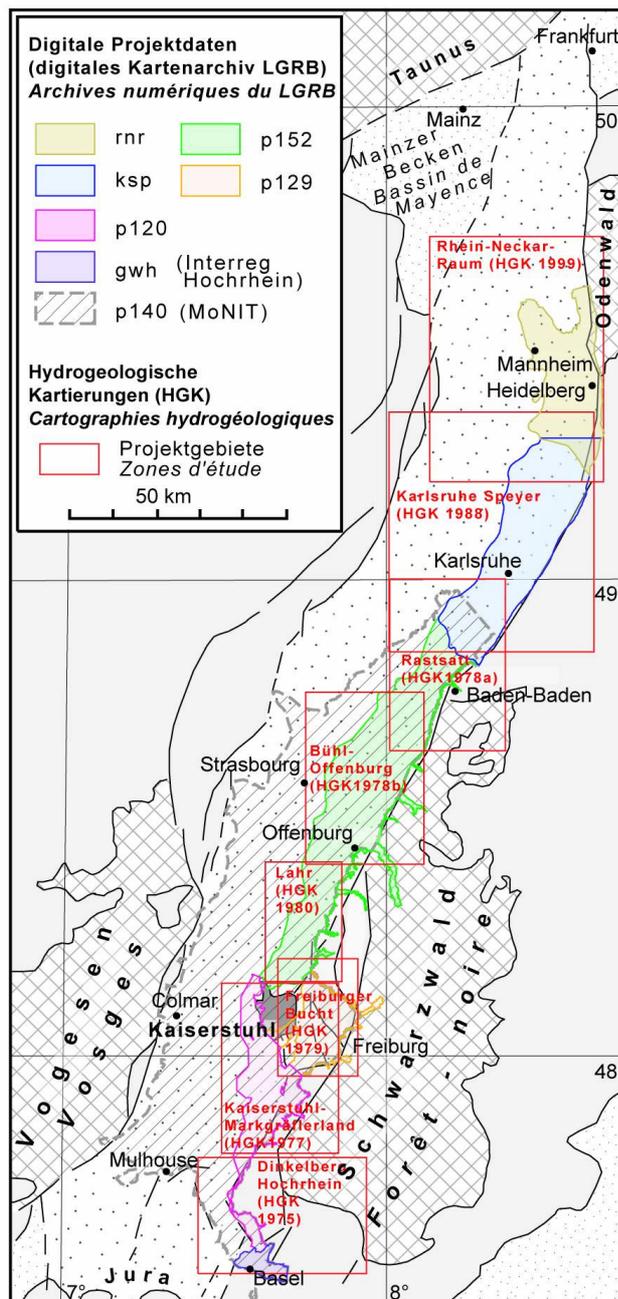


Abbildung 6.1: Hydrogeologische Kartierungen und sonstige hydrogeologische Bearbeitungen im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens sowie MONIT- Untersuchungsgebiet.

Figure 6.1: Cartographie hydrogéologique et autres études hydrogéologiques réalisées côté Bade-Wurtemberg dans la zone d'étude de MONIT.

Weiterhin waren für das Untersuchungsgebiet folgende Daten verfügbar:

- Geothermische Synthese des Oberrheingrabens (1979): Bearbeitung des präquar-

Les données suivantes étaient de plus disponibles sur le secteur d'étude :

- Synthèse géothermique du Fossé rhénan supérieur (1979) : Cartographie du socle

tären Festgesteinsuntergrundes des südlichen Oberrheingrabens.

- Kartierung der Mächtigkeit der gut durchlässigen Schichten in den quartären Kieslagern des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe [HERRMANN und STÖBER 1996], baden-württembergischer Teil des Bearbeitungsgebietes.
- Rohstoffgeologische Bearbeitungen des LGRB [WERNER et al. 1995, WERNER et al. 1997] im baden-württembergischen Teil des Bearbeitungsgebietes.
- Für den elsässischen Teil des Bearbeitungsgebietes wurde ein Grundwassermodell entwickelt, um die Versalzung mit einem zweischichtigen Modell im 500 m-Raster zu simulieren [NOYER et al. 1998].

Diese Bearbeitungen wurden durch die Ergebnisse seismischer Messungen (Kap. 6.2) sowie zwischenzeitlich neu abgeteufte Bohrungen aktualisiert. Das übrige Gebiet südlich des Kaiserstuhls (französische Seite) sowie das Gebiet nördlich davon (deutsche und französische Seite) wurden weitgehend neu bearbeitet.

Die Bohrungen, die zur Konstruktion der hydrogeologischen Profilschnitte und der Isolinienpläne verwendet wurden, stammen für den baden-württembergischen Teil aus der Aufschlussdatenbanken des RPF/LGRB (Tabelle 6.1), für den elsässischen Teil aus der Bohrdatenbank BSS des BRGM.

ante-quaternaire de la partie sud du Fossé rhénan supérieur.

- Cartographie des épaisseurs des couches perméables des niveaux graveleux quaternaires du Fossé rhénan supérieur entre Bâle et la frontière nord du district de Karlsruhe, [HERRMANN und STÖBER 1996], pour la partie de la zone d'étude située au Bade-Wurtemberg.
- Etudes des ressources en matériaux du LGRB, pour la partie de la zone d'étude située au Bade-Wurtemberg [WERNER et al. 1995, WERNER et al. 1997].
- Le Modèle de la nappe d'Alsace [NOYER et al. 1998] développé côté alsacien au Sud du Kaiserstuhl pour la simulation de la salure utilisait une géométrie à 2 couches à la maille de 500 m.

Ces travaux existants ont été actualisés à l'aide des résultats de campagnes de sismique réflexion haute résolution (Chapitre 6.2) ainsi que des forages réalisés plus récemment. Le secteur au Sud du Kaiserstuhl côté français a fait l'objet d'une cartographie complètement nouvelle ainsi que plus généralement les secteurs au Nord tant côté français qu'allemand.

Les sondages dont les coupes ont été utilisées pour l'élaboration des profils et des cartes hydrogéologiques ont été extraits pour le côté allemand de la Banque de données du RPF/LGRB (tableau 6.1), et pour le côté alsacien de la Banque de données du sous-sol (BSS) du BRGM.

Tabelle 6.1: Übersicht über die Anzahl der Bohrungen, die für die Konstruktion der Isolinienpläne verwendet wurden (nur Baden).
 Tableau 6.1: Récapitulatif du nombre de sondages utilisés pour le tracé des cartes hydrogéologiques des diverses unités (côté ba-
 dois)

Kartiereinheit (KE) <i>Unité cartographique</i>	Anzahl Bohrungen in der KE <i>Nombre de forages recoupant l'unité</i>	Bohrung bis zur Basis der KE <i>Nombre de forages ayant atteint la base de l'unité</i>
Neuenburg-Formation	10.000	1.810
Ostrheinschotter	315	93
Breisgau-/Ortenau-Formation	1.477	583
Riegel-Horizont	124	65
Iffezheim-Formation/ Fluviatiles Jungtertiär	434	125

Für die einzelnen Teilgebiete standen außerdem noch folgende Eingangsdaten zur Verfügung (Abb. 6.1):

Les données suivantes étaient de plus disponibles pour des secteurs plus réduits (Fig. 6.1) :

6.1.1 SÜDLICH DES KAISERSTUHL

- Hydrogeologische Karte Bereich Kaiserstuhl - Markgräflerland (HGK, 1977)
- Abschlussbericht Wasserwerk Hausen [EHRMINGER, HERDEG 1992]
- Untersuchungen zu den Grundwasserfließsystemen im Bereich der Wasserwerke von Freiburg i. Br. [HERDEG 1993]
- Hydrogeologischer Bau in den Einzugsgebieten der Brunnen der Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG (LGRB, 1998)
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Vorläufige Ausgabe; Kartenblätter : 7811 Wyhl, 7911 Breisach, 7912 Freiburg i. Br. NW, 8011 Hartheim, 8012 Freiburg i. Br. SW, 8013 Freiburg i. Br. SO, 8111 Müllheim, 8112 Staufen im Breisgau, 8211 Kandern, 8311 Lörrach, 8411 Weil am Rhein
- Hydrogeologisches Modell für den Be-

6.1.1 AU SUD DU KAISERSTUHL

- Carte hydrogéologique du secteur Kaiserstuhl-Markgräflerland (HGK, 1977)
- Rapport final sur le champ captant de Hausen [EHRMINGER, HERDEG 1992].
- Etudes des écoulements des eaux souterraines dans le secteur des champs captants de Freiburg [HERDEG 1993]
- Contexte hydrogéologique de la zone d'alimentation des puits de la Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG (LGRB, 1998)
- Carte géologique provisoire du Bade-Wurtemberg à 1/25 000 ; Feuilles : 7811 Wyhl, 7911 Breisach, 7912 Freiburg i. Br. NW, 8011 Hartheim, 8012 Freiburg i. Br. SW, 8013 Freiburg i. Br. SO, 8111 Müllheim, 8112 Staufen im Breisgau, 8211 Kandern, 8311 Lörrach, 8411 Weil am Rhein
- Modélisation hydrogéologique du secteur

reich südlich des Kaiserstuhls (LGRB, 2000)

au Sud du Kaiserstuhl (LGRB, 2000)

6.1.2 FREIBURGER BUCHT

- Hydrogeologische Karte Freiburger Bucht (HGK, 1979)
- Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen
- Hydrogeologischer Bau in den Einzugsgebieten der Brunnen der Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG (LGRB, 1998b)
- Freiburg im Breisgau - Geologie und Stadtgeschichte [VILLINGER 1999]
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Vorläufige Ausgabe; Kartenblätter: 7812 Kenzingen, 7911 Breisach, 7912 Freiburg i. Br. NW, 8011 Hartheim, 8012 Freiburg i. Br. SW
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000; Kartenblätter: 7813 Emmendingen, 7913 Freiburg i. Br. NO, 8013 Freiburg i. Br. SO
- Geologische Karte von Freiburg im Breisgau mit Umgebung 1 : 50 000 [GROSCHOPF et al. 1996]
- Hydrogeologisches Modell Freiburger Bucht, [LGRB 2001]

6.1.3 NÖRDLICH DES KAISERSTUHL

- Hydrogeologische Karte Oberrheingebiet Raum Raststatt (HGK, 1978a)
- Hydrogeologische Karte Oberrheingebiet Bereich Bühl-Offenburg (HGK, 1978b)
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Vorläufige Ausgabe; Kartenblätter: 7014 Scheinhardt, 7015 Rheinstetten, 7114 Iffezheim, 7115

6.1.2 BASSIN DE FREIBURG

- Carte hydrogéologique du bassin de Freiburg (HGK, 1979)
- Résultats de campagnes géophysiques
- Contexte hydrogéologique de la zone d'alimentation des puits de la Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG (LGRB, 1998b)
- Freiburg en Breisgau – Géologie et histoire de la ville [VILLINGER 1999]
- Carte géologique provisoire du Bade-Wurtemberg à 1/25 000 ; Feuilles : 7812 Kenzingen, 7911 Breisach, 7912 Freiburg i. Br. NW, 8011 Hartheim, 8012 Freiburg i. Br. SW
- Carte géologique du Bade-Wurtemberg à 1/25 000 ; Feuilles 7813 Emmendingen, 7913 Freiburg i. Br. NO, 8013 Freiburg i. Br. SO
- Carte géologique de Freiburg en Breisgau et de ses environs à 1/50 000 [GROSCHOPF et al. 1996]
- Modélisation hydrogéologique du bassin de Freiburg [LGRB 2001]

6.1.3 NORD DU KAISERSTUHL

- Carte hydrogéologique du secteur Rastatt (HGK, 1978a)
- Carte hydrogéologique du secteur Bühl-Offenburg (HGK, 1978b)
- Carte géologique provisoire du Bade-Wurtemberg à 1/25 000 ; Feuilles : 7014 Scheinhardt, 7015 Rheinstetten, 7114 Iffezheim, 7115 Rastatt, 7213 Lichtenau-

Rastatt, 7213 Lichtenau-Scherzheim, 7214 Sinzheim, 7313 Rheinau, 7314 Bühl, 7412 Kehl, 7413 Appenweier, 7414 Oberkirch, 7512 Neuried, 7513 Offenburg, 7612 Lahr/Schwarzwald West, 7711 Weisweil, 7712 Ettenheim, 7811 Wyhl, 7812 Kenzingen

- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000; Kartenblätter: 7215 Baden-Baden, 7312 Kinzigmündung, 7514 Gengenbach, 7613 Lahr/Schwarzwald-Ost, 7713 Schuttertal
- Lagerstättenpotentialkarte der Kiesvorkommen in der Region Südlicher Oberrhein [WERNER et al. 1997]
- Grundwassermodell Offenburg-Süd, [HERRGESELL 1995]
- Hydrogeologisches Modell für den Bereich nördlich des Kaiserstuhls bis Rastatt

Zusätzlich zu den Bohrungen wurden Ergebnisse geophysikalischer Messungen bei der Konstruktion der hydrogeologischen Grenzflächen verwendet. Die Ergebnisse der geoelektrischen Messungen (Lage und Angabe zur Tiefenlage der interpretierten Grenzfläche) wurden der jeweiligen hydrogeologischen Karte entnommen.

Scherzheim, 7214 Sinzheim, 7313 Rheinau, 7314 Bühl, 7412 Kehl, 7413 Appenweier, 7414 Oberkirch, 7512 Neuried, 7513 Offenburg, 7612 Lahr/Schwarzwald West, 7711 Weisweil, 7712 Ettenheim, 7811 Wyhl, 7812 Kenzingen

- Carte géologique du Bade-Wurtemberg à 1/25 000 ; Feuilles 7215 Baden-Baden, 7312 Kinzigmündung, 7514 Gengenbach, 7613 Lahr/Schwarzwald-Ost, 7713 Schuttertal
- Carte des ressources potentielles en graviers de la région du Sud du Rhin supérieur [WERNER et al. 1997]
- Modélisation hydrodynamique Offenburg-Sud, [HERRGESELL 1995]
- Modélisation hydrodynamique du secteur au Nord du kaiserstuhl jusqu'à Rastatt

Les forages ont été complétés par les résultats de campagnes géophysiques pour le tracé des interfaces hydrogéologiques. Les résultats des mesures électriques (localisation et profondeur des interfaces modélisées) ont pour cela été extraits des cartes hydrogéologiques.

6.2 AUSWERTUNG FLUSSEISMISCHER UND INDUSTRIESEISMISCHER MESSUNGEN

Neben den Bohrungen, die direkte Informationen über die lithologische Beschaffenheit und die Mächtigkeit der hydrogeologischen Einheiten liefern, können durch geophysikalische Messverfahren indirekt Informationen über den Aufbau des Untergrundes gewonnen werden. Zur Erkundung der Tiefenlage der Lockergesteinsbasis sowie der internen Gliederung der pliozänen/quartären Abfolge wurden deshalb im Rahmen des INTERREG III-Projektes MoNit hochauflösende reflektionsseismische Messungen auf dem Rhein durchgeführt. Die Messungen erfolgten im Sommer 2002 unter Einsatz des Schiffes MS Max Honsell der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (früher: Landesanstalt für Umweltschutz). Insgesamt wurde im Projektgebiet der Untergrund unter dem Rhein auf einer Länge von ca. 200 Kilometern vermessen. Die Ergebnisse der Messungen sind in RPF/LGRB, BRGM (2006) ausführlich dokumentiert.

Das Verfahren wurde erstmals im baden-württembergischen und elsässischen Teil des Oberrheingrabens angewendet und basiert auf dem selben Messprinzip wie landseismische Messungen, die bis Mitte der 1980er Jahre im Rahmen der Erdölexploration im Oberrheingraben vielfach durchgeführt wurden. In den letzten Jahren werden sie vermehrt bei der Suche nach geeigneten Bohrstandorten für die Gewinnung geothermischer Energie aus größeren Tiefen angewendet. Die im Vergleich zur Landseismik und zu Bohrungen relativ kostengünstigen flusseeismischen Messungen liefern entlang der Messstrecke bis in eine Tiefe von ca. 400 Meter linienhafte Informationen über den Untergrundaufbau. Sie wurden unter Verwendung der punktförmigen Informationen aus nahe gelegenen Bohrungen geeicht (RPF/LGRB, BRGM, 2006).

6.2 EXPLOITATION DE CAMPAGNES SISMIQUES FLUVIALES ET PETROLIERES

En plus des informations directes fournies par les forages sur la lithologie et l'épaisseur des unités hydrogéologiques, il est possible d'obtenir une information indirecte par des méthodes géophysiques. C'est ainsi qu'une campagne de sismique fluviale haute résolution a été menée sur le Rhin dans le cadre du projet INTERREG-III MoNit, dans le but de reconnaître la profondeur des alluvions et leur structures internes. La campagne a été réalisée à l'été 2002 avec le navire MS Max Honsell qui appartient à la Direction de l'Environnement du Bade-Wurtemberg (LUBW, anciennement LfU). Près de 200 km de profils ont été mesurés sur le Rhin dans la zone d'étude du projet. Les résultats sont exposés en détail dans un rapport du RPF/LGRB, BRGM (2006).

Ce procédé, utilisé pour la première fois dans l'espace badois et alsacien du Fossé rhéna, est basé sur les mêmes principes que la sismique réflexion terrestre, qui a été fréquemment employée dans le Fossé rhéna jusqu'au milieu des années 80 pour la recherche pétrolière. La sismique réflexion a aussi été employée ces dernières années pour reconnaître le sous-sol en vue de l'exploitation de la géothermie à grande profondeur. La sismique fluviale haute résolution, dont le coût est faible en comparaison de la sismique terrestre et des sondages, permet d'obtenir de l'information sur des profils du sous-sol jusqu'à 400 m de profondeur environ. Les profils font l'objet d'un calage en profondeur d'après les données de forages proches (RPF/LGRB, BRGM, 2006).

6.3 PRODUKTE

Folgende Produkte wurden erstellt:

- Projekttable mit digitaler Dokumentation der hydrogeologischen Kurzprofile (deutsche Seite).
- Verbreitungskarten und Isolinienpläne: Basis Neuenburg-Formation, Basis Breisgau-Formation, Basis Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungquartär, Oberfläche des Riegel-Horizont, Oberfläche gering durchlässiger feinklastischer Horizonte im Raum Strasbourg/Kehl/Offenburg und nördlich davon.
- Mächtigkeitskarten für die hydrogeologisch relevanten Einheiten als Rasterdatensätze.
- Hydrogeologischer Längsschnitt entlang des Rheins sowie zusätzliche Längsschnitte auf deutscher Seite (Anlage).
- grenzüberschreitende hydrogeologische Querschnitte durch den Oberrheingraben von den Vogesen bis zum Schwarzwald (Abb. 10.3 und Anlage).
- Durchlässigkeitskarten für die Neuenburg- und Breisgau-Formation.

Die Bearbeitung erfolgte auf deutscher Seite mit den Programmen ArcView, GeODIN, Surfer und Adobe Illustrator. Auf französischer Seite wurden die Programme MapInfo und GDM eingesetzt. Sämtliche Daten liegen in digitaler Form vor.

6.3 DÉLIVRABLES

Les livrables suivants ont été produits :

- Tables numériques des coupes hydrogéologiques simplifiées (côté allemand) ;
- Cartes de répartition et cartes en courbes de niveau : base de la formation de Neuenburg, base de la formation de Breisgau, base de la formation d'Iffezheim (Pliocène final), sommet de l'horizon de Riegel, sommet des intercalaires fins du secteur Strasbourg-Kehl-Offenburg et plus au Nord ;
- Cartes des épaisseurs des unités hydrogéologiques sous forme de grilles *raster* ;
- Coupe hydrogéologique longitudinale le long du Rhin et coupes supplémentaires côté allemand (annexe) ;
- Tracé de 7 coupes hydrogéologiques transversales du Fossé rhénan depuis les Vosges jusqu'à la Forêt-noire (Fig. 10.3 et annexe) ;
- Cartes des perméabilités des formations de Neuenburg et de Breisgau.

Ces travaux ont été réalisés côté allemand avec les logiciels ArcView, GeoDIN, Surfer et Adobe Illustrator. Côté français on a utilisé les logiciels MapInfo et GDM. Toutes les données sont disponibles sous forme numérique.

7 Kartiertechnik

Méthodologie de la cartographie

Grundlage der Kartierung ist ein möglichst vollständiger und sorgfältig abgeglichener Bestand an Basisdaten (Bohrungen, Brunnen, Grundwassermessstellen, Ergebnisse geophysikalischer Messungen) in digitaler Form.

Die Bearbeitung erfolgte beim BRGM und RPF/LGRB in folgenden Arbeitsschritten:

- Abgleich der beim RPF/LGRB verfügbaren Informationen mit solchen der LUBW (Auszug aus KiWi-Datenbank) und des Landratsamts Breisgau-Hochschwarzwald (Bereich südlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht).
- Zuordnung von Bohrungen (LGRB-Archivnummer) zu Grundwassermessstellen (GW-Nummer) (Bereich südlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht).
- Erfassung der Stammdaten sämtlicher Bohrungen.
- Erfassung der GW-Nummern (Bereich südlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht).
- Auszug der Lithologie-Daten der Bohrungen aus der Datenbank des BRGM (BSS).
- Codierung der Schichtbeschreibungen aller relevanten Bohrungen nach dem DASCH-Schlüssel (Baden-Württemberg).
- Codierung der Schichtbeschreibungen aller relevanten Bohrungen nach einem Vier-Charakter-Schlüssel (die so genannte GDM-Kodierung, Elsass). Dabei hat man zwischen alpinem und Vogesenmaterial unterschieden, soweit dies möglich war.
- Erfassung geophysikalischer Auswertungsergebnisse (insbesondere reflektionsseismischer und geoelektrischer Untersu-

Les travaux de cartographie nécessitent de disposer de données de base sous forme numérique aussi complètes et cohérentes que possible (sondages, puits, piézomètres, résultats de campagnes géophysiques)

Au RPF/LGRB, les travaux ont été menés en suivant les étapes suivantes :

- Mise en cohérence des données disponibles au RPF/LGRB avec celles de la ; (extractions de la banque KiWi) et du Landratsamt Breisgau-Hochschwarzwald (pour les secteurs au Sud du Kaiserstuhl et le bassin de Freiburg);
- Attribution d'identifiants de forages (Numéro d'archive LGRB) aux piézomètres (numéro GW) (pour les secteurs au Sud du Kaiserstuhl et le bassin de Freiburg);
- Saisie des données de base (coordonnées et caractéristiques principales) de tous les ouvrages ;
- Saisie des numéros GW des piézomètres (pour les secteurs au Sud du Kaiserstuhl et le bassin de Freiburg);
- Extraction des données de lithologie des forages de la Banque du sous-sol du BRGM (BSS) ;
- Codage des descriptions géologiques de tous les sondages utiles au format DASCH (Bade-Wurtemberg);
- Codage des descriptions géologiques de tous les sondages utiles par un code lithologique à 4 caractères (dit code GDM) en essayant de distinguer les alluvions rhénanes et vosgiennes lorsque cela était possible (Alsace);
- Saisie des résultats de géophysiques (en

chungen).

- Auswahl und Interpretation von gut dokumentierten Bohrungen aus den Archivbeständen des RPF/LGRB als Referenzbohrungen für die flächenhafte Bearbeitung.
 - Erarbeitung des geologischen Modells und Umsetzung in hydrogeologische Einheiten.
 - Auswahl geeigneter Bohrungen zur Verdichtung des Stützpunktnetzes für die Erstellung der Profilschnitte.
 - Interpretation aller verwendeten Bohrungen als hydrogeologische Kurzprofile mit Festlegung der Grenzen der hydrogeologischen Einheiten.
 - Erstellung der schematischen Schnitte sowie der geologisch/hydrogeologischen Quer- und Längsprofilschnitte.
 - Erfassung der Lage der Schichtgrenzen der hydrogeologischen Einheiten in Projekttabellen.
 - Erstellung von Isolinienplänen für hydrogeologisch relevante Grenzflächen.
 - Erstellung von Rasterdatensätzen zu den hydrogeologisch relevanten Grenzflächen.
 - Erzeugung von abgeleiteten Kartenthemen durch Verknüpfung der entsprechenden Ausgangsdatensätze.
 - Berechnung von Mächtigkeitkarten als Rasterdatensätze.
 - Auswertung reflektionsseismischer Messungen.
 - Digitale Bereitstellung der Daten in einem für die Weiterverarbeitung geeigneten Format.
 - Berichterstellung und Archivierung der Daten.
- particulier campagnes de sismique réflexion haute résolution et de sondages électriques);
 - Sélection et interprétation de forages bien documentés dans les archives du LGRB pour servir de forages de référence dans la cartographie;
 - Interprétation du modèle géologique et conversion en unités hydrogéologiques;
 - Sélection de forages pour compléter les forages retenus pour les profils hydrogéologiques;
 - Interprétation de tous les forages sélectionnés en termes de coupes hydrogéologiques simplifiées avec définition des cotes des interfaces des unités hydrogéologiques;
 - Tracé des profils schématiques et de coupes hydrogéologiques transversales et longitudinales;
 - Saisie des cotes des interfaces entre les unités hydrogéologiques dans un tableau de projet;
 - Tracé de cartes en courbes de niveau des interfaces hydrogéologiques d'intérêt;
 - Création de grilles interpolées des interfaces hydrogéologiques d'intérêt;
 - Tracé de divers habillages en reliant les données de base correspondantes;
 - Calcul des épaisseurs des unités sous forme de grilles;
 - Interprétation de données de sismique réflexion haute résolution;
 - Préparation des données sous forme numérique pour leur utilisation pour la modélisation;
 - Rédaction du rapport et archivage des données.

Im ersten Auswerteschritt wurden über das Kartiergebiet im Abstand von einigen hundert Metern geologische Quer- und Längsschnitte gelegt. Aus der Aufschlussdatenbank werden hierzu die Bohrungen auf oder nahe der Schnittlinien selektiert. Für diese Bohrungen werden Säulenprofile erzeugt, die die vertikale Schichtenfolge zeigen. Die Darstellung der Hauptgemengteile erfolgt durch Farben, die der Nebengemengteile durch Symbole.

Auf deutscher Seite sind die Aufschlüsse in den digitalen Geodatenätzen und in den Karten und Schnitten durch die Archivnummer des LGRB gekennzeichnet. Diese setzt sich aus dem Archivfach (BO für Bohrungen), der Nummer der TK25 und einer laufenden, TK-Blatt-weise vergebenen Aufschlussnummer zusammen. Dadurch ist eine eindeutige Verknüpfung der Belegpunkte in den Karten und Schnitten mit den Grundlagendaten in der Aufschlussdatenbank des LGRB gewährleistet.

Auf französischer Seite sind die Bohrungen in den digitalen Geodatenätzen und in den Karten und Schnitten durch die Archivnummer der Datenbank BSS des BRGM gekennzeichnet. Diese setzt sich aus der Nummer des 1 : 50000-Blattes des geographischen Instituts IGN, der Nummer des Achtels dieses Blattes, einem X (wird in der Pariser Gegend für eine weitere Unterteilung verwendet), und einer laufenden, Blattachtel-weise vergebenen Bohrungsnummer zusammen.

Dans la première étape de travail on trace dans la zone d'étude des profils transverses et longitudinaux distants de quelques centaines de mètres. Les forages situés à proximité de ces profils sont sélectionnés dans la banque de données de forages. On trace pour ces forages les "logs" représentant la coupe verticale des terrains traversés. Les composants lithologiques principaux sont représentés par la couleur, les composants accessoires par des symboles.

Côté allemand les ouvrages utilisés sont identifiés par le numéro d'archive du LGRB dans les fichiers informatiques et sur les cartes et les coupes. Ce numéro d'archive se compose de la nature (BO pour un forage), du numéro de la carte à 1/25 000 (TK25) et d'un numéro d'ordre par carte TK25. Il permet ainsi de relier les points d'observation des cartes et des coupes aux données de la Banque du LGRB.

Côté français les ouvrages utilisés sont identifiés par l'indice national de la BSS dans les fichiers informatiques et sur les cartes et les coupes. Cet identifiant se compose du numéro de la feuille à 1/50 000 de l'Institut Géographique National (IGN) suivi du numéro du huitième, d'un X (pour un chiffre utilisé par un sous-découpage en région parisienne) et d'un numéro d'ordre par huitième. Cet identifiant permet ainsi de relier les points d'observation des cartes et des coupes aux données de la Banque du sous-sol (BSS).

Das vom RPF/LGRB eingesetzte Programm GeoDin greift auf die verdaschte Profilbeschreibung in der Aufschlussdatenbank des LGRB zu. Bei der Umsetzung der lithologischen Schichtbeschreibung in graphische Symbole werden wegen ihrer hydrogeologischen Bedeutung vor allem feinkörnige Sedimente in den Säulenprofilen graphisch hervorgehoben. Die Legende für diese Darstellungen ist in der Anlage enthalten.

Die Qualität der Schichtbeschreibungen ist sehr heterogen. Sie ist abhängig vom Bohrverfahren, der Bohraufnahme und anderen Merkmalen. Für die Erstellung der geologischen Schnitte und Schichtlagerungskarten wurden die Schichtbeschreibungen gesichtet und hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit bewertet. Ein Teil der Bohrungen war für die Konstruktion nicht brauchbar. Entweder ist ihre Endtiefe zu gering und sie erreichen keine der kartierten Grenzflächen oder die vorliegenden Schichtenverzeichnisse können hinsichtlich der Fragestellung nicht vertrauenswürdig interpretiert werden. Schichtenverzeichnisse mit geringem Detaillierungsgrad wurden nur dann verwendet, wenn die Bohrungen in Bereichen geringer Belegpunktdichte lagen und sich die Schichtbeschreibungen im Kontext der umliegenden Bohrungen interpretieren ließen. Bisweilen waren innerhalb eines Schichtenverzeichnisses nicht alle hydrogeologisch relevanten Grenzen identifizierbar, sondern nur solche mit einem deutlichen lithologischen Wechsel (z.B. die Grenze zwischen dem Kiesaquifer und der stauenden Sohlschicht aus Schluffen oder Tonen).

Bei der Kartierung wird die Gesteinsfolge in Anlehnung an den Symbolschlüssel Geologie (Teil 1) Baden-Württemberg (RPF/LGRB; Stand Mai 2006) in geologische und hydrogeologische Einheiten gegliedert. Zusammengefasst werden Horizonte und Bereiche, die im Betrachtungsmaßstab hydrogeologisch als homogen einzustufen sind.

Le logiciel utilisé par le LGRB, GeoDin, est piloté pour cela par le codage DASCH de la description lithologique des terrains stocké dans la banque de données du LGRB. On porte l'accent dans cette représentation graphique sur les sédiments fins en raison de leur importance hydrogéologique. La légende de la représentation graphique est donnée en annexe.

La qualité des descriptions des terrains est très hétérogène, elle dépend de la méthode de foration, de la qualité du levé des échantillons et de la présence de certaines caractéristiques. Ces descriptions ont été examinées pour le tracé des profils géologiques et des cartes et évaluées en fonction de leur fiabilité. Une partie des données de forages n'était pas utilisable pour les corrélations : soit leur profondeur était trop faible et ils n'atteignaient aucun des interfaces cartographiés, soit les descriptions ne pouvaient être interprétées de façon fiable pour les corrélations. Les descriptions peu détaillées n'ont été utilisées que lorsqu'elles étaient situées dans des secteurs avec peu d'informations et qu'il était possible de réinterpréter les descriptions lithologiques en fonction des forages voisins. Il arrive parfois que l'on ne puisse déterminer la position de toutes les interfaces hydrogéologiques d'une coupe, mais seulement de celles présentant une variation lithologique importante, comme par exemple le passage de l'aquifère graveleux à un substratum constitué de silts ou d'argiles.

On a utilisé pour les unités géologiques et hydrogéologiques cartographiées des identifiants proches de ceux proposés par le manuel de codage de la géologie du Bade-Wurtemberg (RPF/LGRB, version de mai 2006). Les niveaux et horizons considérés comme homogènes du point de vue hydrogéologique à l'échelle de la cartographie ont

Als gering bzw. geringer durchlässig werden solche Schichten klassifiziert, die Ton, Schluff oder Feinsand als Hauptgemengteil oder einen hohen Gehalt an verwitterten Komponenten mit hohem Schluffanteil aufweisen. Dies ist bei der Breisgau-Formation der Fall. Deckschichten und künstliche Auffüllungen wurden nicht flächenhaft abgegrenzt.

Besonders wurde auf Merkmale geachtet, die eine Unterscheidung zwischen Schwarzwald-/Vogesenmaterial und alpinem Material erlauben. Dies ist wichtig, da die Durchlässigkeiten im Schwarzwald- und Vogesenmaterial generell geringer sind. Die Schwarzwald- und Vogesenkiese sind weniger kantengerundet und schlechter sortiert als die Rheinkiese. Außerdem weisen sie oft einen bedeutenden Tongehalt auf. Die Unterscheidung zwischen der Neuenburg-Formation und der Breisgau-Formation erfolgt auch anhand des Schwarzwald- und Vogesenmaterials, das in der Breisgau-Formation als Folge der tonigen Verwitterung häufig zu faulen Geröllen zersetzt ist.

Die Konstruktion der Lage der Grenzflächen (Schichtlagerungskarten) beginnt bei den geologischen Schnitten und erstreckt sich danach über alle Bohrungen zwischen den Schnitten. Die iterative Anpassung der Grenzziehungen in den Schnitten und Schichtlagerungskarten erfolgt manuell durch den Bearbeiter. Da nur ein Teil der Bohrungen höhenmäßig eingemessen ist, liegt für diese Stützstellen die Unschärfe der Höhenangaben in der Belegpunktabelle im Bereich von einem bis mehreren Metern.

Stellenweise wurden insbesondere bei hoher Bohrpunktdichte nicht alle Stützpunkte für die Isolinienkonstruktion verwendet. Gelegentlich blieben Bohrungen unberücksichtigt, bei denen die Tiefenlage der Grenzfläche im Kontext mit umliegenden Bohrungen unplausibel erschien.

Als Ausgangsdatensatz für die Interpretation tektonischer Strukturen dienten die Lage und der

été regroupés. Les terrains constitués principalement de sables fins, de silts et d'argiles ou contenant une grande proportion d'éléments altérés en silts ont été considérés comme imperméables ou peu perméables. Ceci est notamment le cas pour la Formation de Breisgau. Les formations superficielles et les remblais n'ont pas fait l'objet d'une cartographie.

On a porté une attention particulière à la distinction entre alluvions des Vosges et de la Forêt-noire, et alluvions rhénanes, car les perméabilités sont généralement inférieures dans les alluvions vosgiennes et schwarzwaldiennes, qui sont moins bien roulées et moins bien classées que les alluvions rhénanes et présentent souvent une fraction argileuse importante. La distinction entre alluvions récentes (Formation de Neuenburg) et alluvions anciennes (Formation de Breisgau) est nette dans les alluvions des Vosges et de la Forêt-noire grâce à l'argilisation des alluvions anciennes qui contiennent également des galets "pourris".

La limite des niveaux aquifères et de leurs interfaces est d'abord tracée sur les profils géologiques, puis est étendue aux forages situés entre les coupes. La construction de ces limites sur les cartes de répartition des faciès à partir des profils géologiques est itérative et est faite manuellement par l'hydrogéologue. Comme tous les forages ne sont pas nivelés de façon précise, les cotes des interfaces sont entachées d'une imprécision que l'on peut estimer à plusieurs mètres.

Dans les secteurs où l'on dispose de beaucoup de données, il arrive que les cotes données par certains ouvrages ne soient pas prises en considération lorsque que leur valeur ne paraît pas vraisemblable par comparaison aux forages voisins.

Pour l'interprétation des structures tectoniques on est parti de la position et de la direction des failles

Verlauf der Störungen, die in den Geologischen Karten (Geologische Karten und vorläufige Geologische Karten in den Maßstäben 1 : 25 000 und 1 : 50 000) dargestellt wurden. Außerdem wurden Informationen von VILLINGER (1999) und aus der Geothermischen Synthese (1979) berücksichtigt. Eine Überprüfung des vorliegenden Störungsinventars im präquartären Untergrund erfolgte nicht. Die Überarbeitung der Geothermischen Synthese (1979) anhand der seit Drucklegung durchgeführten industrieseismischen Messungen erscheint jedoch auch im Hinblick auf das neuerliche Interesse der geothermischen Nutzung des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben erforderlich.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde auf baden-württembergischer Seite insbesondere im Bereich tektonischer Strukturen im präquartären Untergrund geprüft, ob sich auch in den überlagernden Lockersedimenten Hinweise auf Versätze der Schichten bzw. Grenzflächen ergeben. Stellenweise können solche Strukturen bis in den basalen Bereich der Lockersedimente verfolgt werden. Im Markgräfler Land zwischen dem Tuniberg und Bad Bellingen ist die Basis der Neuenburg-Formation durch eine Vielzahl von Störungen mit Sprunghöhen bis zu 20 Metern versetzt. Für tektonisch bedingte Schichtversätze jüngerer Grenzflächen ergaben sich in der Freiburger Bucht keine eindeutigen Hinweise. Nördlich des Kaiserstuhls zeigt die Basis der Neuenburg-Formation im Bereich der Lahrer Schwelle und nördlich von Offenburg Versatzbeträge von bis zu 10 Metern.

portées sur les cartes géologiques (cartes géologiques et cartes géologiques numériques provisoires à 1/25 000 et 1/50 000). Les données présentées par Villinger (1999) et les failles reportées sur les cartes de la Synthèse Geothermique (1979) ont également été examinées. On n'a cependant pas pris en compte toutes les failles connues du substratum ante-quaternaire. Il apparaît clairement que la Synthèse Geothermique de 1979, pour pouvoir être utilisée dans le cadre de l'utilisation géothermique des réservoirs profonds qui connaît actuellement un regain d'intérêt, a besoin d'une sérieuse révision en raison des nouvelles informations apportées depuis par les profils sismiques pétroliers.

Dans le cadre des présents travaux on a porté une attention particulière, côté Bade-Wurtemberg, aux secteurs où le substratum était affecté de failles importantes, afin de rechercher des indices de décalages tectoniques des niveaux d'alluvions ou des intercalaires argileux. Localement on a ainsi pu mettre en évidence des décalages dans la partie inférieure des alluvions. Dans le Markgräfler Land entre le Tuniberg et Bad Bellingen la base de la Formation de Neuenburg montre de nombreux décalages par faille jusqu'à 20 mètres d'amplitude. Par contre dans le bassin de Freiburg on n'a pas pu mettre en évidence de décalage tectonique des alluvions récentes. Au Nord du Kaiserstuhl la base de la Formation de Neuenburg montre des décalages jusqu'à 10 mètres dans le secteur du seuil de Lahr et au Nord d'Offenburg.

8 Gliederung der Lockergesteinsabfolge im südlichen und mittleren Oberrheingraben und in der Freiburger Bucht

Succession des dépôts sédimentaires dans le Fossé rhénan supérieur, partie méridionale et centrale, et dans le bassin de Freiburg

Ablagerung und fazielle Ausbildung der pliozänen bis quartären Lockergesteinsfüllung des Oberrheingrabens sind eng mit den glazial gesteuerten Erosions-, Transport- und Sedimentationsprozessen im alpinen Raum verknüpft [ELLWANGER et al. 2003]. Andererseits bestehen auch enge Verbindungen zur tektonischen Entwicklung des Oberrheingrabens.

La formation et l'évolution du remplissage sédimentaire du Fossé rhénan supérieur sont étroitement liées aux processus glaciaires d'érosion, de transport et de sédimentation dans l'espace alpin [ELLWANGER et al. 2003]. Des relations existent d'autre part avec l'évolution tectonique du bassin de sédimentation du Fossé rhénan supérieur.

8.1 ÜBERSICHT ÜBER DIE LOCKERGESTEINS-ABFOLGE

Die Lockergesteinsabfolge ist in einem schematisierten Längsschnitt etwa entlang des Verlaufes des Rheins von Basel bis Mannheim dargestellt (Abb. 8.1).

8.1 VUE D'ENSEMBLE DE LA SUCCESSION DES SEDIMENTS

La succession sédimentaire est représentée sur une coupe longitudinale schématique le long du cours actuel du Rhin allant de Bâle à Mannheim (Fig. 8.1).

8.1.1 TERTIÄRER UND MESOZOISCHER FESTGESTEINSUNTERGRUND, IFFEZHEIM-FORMATION (PLIOZÄN UND EOPLEISTOZÄN) UND FLUVIATILES JUNGERTIÄR

Nach der HGK (1980) fehlen pliozäne Sedimente (fluviatiles Jungtertiär) im Süden des Oberrheingrabens und treten auf elsässischer Seite etwa auf der Höhe des Kaiserstuhls bzw. auf baden-württembergischer Seite erst nördlich einer Linie Schönau-Rust-Kippenheimweier und westlich von Lahr auf. In den letzten Jahren konnte jedoch in

8.1.1 SUBSTRATUM MESOZOÏQUE ET TERTIAIRE, FORMATION D'IFFEZHEIM (PLIOCENE A EOPLEISTOCENE) ET TERTIAIRE FLUVIATILE RECENT

D'après la HGK (1980) les sédiments pliocènes (aussi dénommés Tertiaire fluviatile récent) manquent dans le Sud du Fossé Rhénan supérieur et réapparaissent côté alsacien au niveau du Kaiserstuhl et côté badois seulement au Nord d'une ligne Schönau-Rust-Kippenheimweier et à l'Ouest de Lahr. Au cours des dernières années des forages au Sud

mehreren Bohrungen südlich des Kaiserstuhls die Iffezheim-Formation nachgewiesen werden, die vermutlich zumindest in ihrem unteren Abschnitt pliozänes, im oberen Abschnitt alt- bis eopleistozänes Alter hat [LGRB, 2000, LGRB, 2002, HAGEDORN 2004].

BARTZ (1982) unterscheidet nördlich von Karlsruhe im Pliozän drei Sedimentabfolgen mit größeren Komponenten (vereinzelt Kieslagen, meist Sandschüttungen) an der Basis und mächtigeren Feinsedimenten darüber (Pliozän I bis III). Von der Breilie [in BARTZ 1982] nimmt für das Pliozän I obermiozänes Alter (Suster bis Brunssum), für das Pliozän II Brunssum bis Reuver und für das Pliozän III Reuver an.

BARTZ (1982) definiert die Grenze zwischen dem Pliozän und dem Quartär mit dem Auftreten kalkhaltiger, alpin geprägter Schüttungen. Auf Unstimmigkeiten dieser Grenzziehung mit pollenanalytischen Befunden [BROST und ELLWANGER 1991] sowie Funde pliozäner Schneckenfaunen in kalkigen Sedimenten [ENGESSER und MÜNZING 1991] haben u.a. ELLWANGER et al. (1995) hingewiesen. Nach VILINGER (1986) hat die alpine Schüttung bereits im Pliozän begonnen.

Abweichend vom Symbolschlüssel Geologie (RPF/LGRB, 2006) wird in der hydrogeologischen Bearbeitung nicht zwischen der Iffezheim-Formation und dem fluviatilen Jungtertiär differenziert, da dies anhand der vorliegenden Schichtbeschreibungen in den meisten Bohrungen nicht möglich und für hydrogeologische Fragestellungen nicht relevant ist. Beide geologische Einheiten bestehen im Untersuchungsgebiet überwiegend aus feinklastischen, in der Randfazies aus größeren, gering durchlässigen Sedimenten. Sie wurden als hydrogeologische Kartiereinheit „Iffezheim-Formation / fluviatiles Jungtertiär“ zusammengefasst und bilden dort, wo sie vorhanden sind, die

du Kaiserstuhl ont cependant démontré la présence de la formation d'Iffezheim à laquelle on peut attribuer un âge pliocène dans la partie inférieure, paléo à néopliocène dans la partie supérieure [LGRB, 2000, LGRB, 2002, HAGEDORN 2004].

BARTZ (1982) distingue dans le Pliocène au Nord du Kaiserstuhl 3 successions de sédiments avec des niveaux plus grossiers à la base (niveaux de graviers, le plus souvent accumulations de sables) et d'importants dépôts de sédiments plus fins au-dessus (Pliocène I à III). Von der Breilie [in BARTZ 1982] admet un âge miocène supérieur pour le Pliocène I (de Suster à Brunssum), de Brunssum à Reuver pour le Pliocène II et Reuver pour le Pliocène III.

BARTZ (1982) définit la limite entre le Pliocène et le Quaternaire par l'apparition de dépôts calcaireux d'origine alpine. Ellwanger *et al.* (1995) ont attiré l'attention sur une non-concordance de cette limite avec les trouvailles palynologiques [BROST und ELLWANGER 1991] ainsi qu'avec les découvertes de faunes de Gastéropodes dans les sédiments calcaires [ENGESSER und MÜNZING 1991]. D'après VILLINGER (1986) l'apport alpin a déjà débuté au Pliocène.

Dans le cadre d'études hydrogéologiques (RPF/LGRB, 2006), on ne différencie pas entre la Formation d'Iffezheim et le Pliocène, comme le voudrait la stratigraphie géologique, car la distinction est généralement impossible d'après les descriptions des forages et n'a, de plus, pas d'importance du point de vue hydrogéologique. En effet les deux formations sont essentiellement constituées dans le secteur concerné de sédiments clastiques fins, assez peu perméables. Des faciès grossiers n'apparaissent que sur les bordures du Fossé. On les regroupe donc en une seule unité hydrogéologique sous le nom de "Formation d'Iffezheim / Pliocène" ; lorsqu'elle est présente, elle constitue

Sohlschicht des kiesigen Grundwasserleiters. Die Oberfläche dieser Einheit bildet dann die Aquiferbasis.

Die Basis der pliozänen/quartären Lockergesteinsfüllung wird im Untersuchungsgebiet überwiegend durch Tonmergelsteine und Mergelsteine (Oligozän bis Miozän) gebildet. Im Raum Offenburg folgen unter der Iffezheim-Formation und dem fluviatilen Jungtertiär die Ton-, Mergel- und Kalksteine des Mittleren Jura.

Im Westen der Freiburger Bucht wurden unter den Lockersedimenten alttertiäre Ton- und Tonmergelsteine (Tuniberg Ostgraben) erbohrt, weiter im Osten bilden mesozoische Ton- und Tonmergelsteine, Kalksteine und Sandsteine den Festgesteinsuntergrund (vgl. Abb. 4.2). Östlich der Haupttrandverwerfung folgt das kristalline Grundgebirge unter den Kiesen und Sanden.

8.1.2 QUARTÄRE SEDIMENTE

Im Quartär wurden im südlichen Oberrheingraben vom Rhein und seinen Nebenflüssen aus dem Schwarzwald und den Vogesen bis zu 240 m mächtige Kiese und Sande mit unterschiedlichen Schluffanteilen abgelagert (Neuenburg- und Breisgau-Formation, Abb. 8.1).

In den Schottern überwiegen im Süden des Oberrheingrabens im zentralen Bereich wegen der Nähe zum Liefergebiet der Alpen die Komponenten alpinen Ursprungs. Weiter im Norden gewinnen die lokalen Komponenten aus den Vogesen und dem Schwarzwald an Bedeutung. Außerdem nimmt überall zum Rand des Oberrheingrabens hin der Gehalt an lokalen Komponenten aus dem Schwarzwald und den Vogesen zu. Die Korngröße der alpinen Komponenten nimmt generell mit zunehmender Entfernung vom Hauptliefergebiet der Alpen von Süden nach Norden ab.

Zwischen Lahr und Kehl nimmt der Feinanteil in der Breisgau-Formation ab und die Ortenau-

le substratum de l'aquifère graveleux. Son toit correspond alors à la base de l'aquifère.

La base du remplissage sédimentaire plio-quaternaire est généralement constituée de marnes et de marnes argileuses d'âge tertiaire (Oligocène à Miocène) dans le secteur considéré. Dans la région d'Offenburg la Formation d'Iffezheim repose sur des argiles, marnes et calcaires du Jurassique moyen.

A l'W du bassin de Freiburg les sédiments reposent sur des argiles et des marnes argileuses du Tertiaire ancien (Graben à l'Est du Tuniberg), un peu plus à l'Est il s'agit d'argiles et de marnes argileuses, calcaires et grès mésozoïques (cf. Fig. 4.2). A l'Est de la faille de bordure principale de la Forêt-noire, on trouve le socle cristallin sous les graviers et les sables.

8.1.2 SEDIMENTS QUATERNAIRES

Le Rhin et ses affluents en provenance de la Forêt-noire et des Vosges ont déposé au cours du Quaternaire jusqu'à 240 m de graviers et de sables avec plus ou moins de matrice silteuse dans le Sud du Fossé rhénan supérieur (formations de Neuenburg et de Breisgau, fig. 8.1).

Dans les alluvions des formations de Neuenburg et de Breisgau, les éléments d'origine alpine dominent dans la partie centrale du bassin du fait de la proximité du domaine alpin. Vers le Nord les éléments issus des Vosges et de la Forêt-noire prennent de l'importance. Par ailleurs toute la bordure du Fossé rhénan supérieur est enrichie en matériaux de provenance locale (Vosges, Forêt-noire). La taille des éléments d'origine alpine diminue globalement du Sud vers le Nord avec l'augmentation de la distance à la source de ces matériaux.

Entre Lahr et Kehl les fractions fines diminuent dans la Formation de Breisgau et elle passe à la

Formation ersetzt als laterales Äquivalent die Breisgau-Formation. Eine Unterscheidung zwischen der Neuenburg-Formation und der liegenden Ortenau-Formation ist in vielen Bohrungen nicht mehr möglich. Stellenweise nimmt der Sand- und Schluffgehalt mit dem Übergang von der Neuenburg- zur Ortenau-Formation leicht zu.

Lithologisch bestehen beide geologische Einheiten in den Seitentälern wie z.B. dem Kinzigtal oder dem Schuttertal ausschließlich aus Schwarzwaldmaterial, zum Rhein hin dominiert alpines Material. Damit geht eine Zunahme der Durchlässigkeiten der Schotter von den Grabenrändern zur Grabenmitte einher. Die Verzahnung zwischen den einzelnen Litho-faziesbereichen fällt z. T. mit der Position von Störungen im präquartären Untergrund zusammen.

Südlich des Kaiserstuhls und nördlich davon bis in den Raum Strasbourg/Offenburg fehlen Feinsedimentlagen innerhalb der Kiesabfolge völlig oder sie sind nur sehr geringmächtig und linsenartig ausgebildet. Im Norden des Bearbeitungsgebietes treten in der Neuenburg-Formation geringer durchlässige, feinklastische Einschaltungen auf (Abb. 8.1). Nördlich einer Linie Lichtenau-Bühl ist ein feinkörnigerer Horizont (ZH3) bereichsweise flächenhaft ausgebildet. In seinem Verbreitungsgebiet führt er zu einer Untergliederung des Kiesaquifers in hydraulisch voneinander getrennte Einheiten. Die Verbreitung und lithologische Ausbildung der feinklastischen Horizonte wurde im Raum Offenburg/Kehl/Strasbourg und nördlich davon kartiert (z.B. „Kehler Horizont“).

Etwa ab Iffezheim tritt der Obere Zwischenhorizont (OZH) flächenhaft als feinklastischer Horizont auf und wirkt als hydraulisch wirksame Trennschicht. Für den Oberen Zwischenhorizont ergaben C14-Bestimmungen an Proben aus dem

Formation de l'Ortenau, son équivalent latéral. La différence entre la Formation de Neuenburg et la Formation d'Ortenau sous-jacente n'est pas décelable dans la plupart des forages. Localement cependant le passage de la formation de Neuenburg à la Formation de l'Ortenau est marqué par une légère augmentation de la fraction sableuse et silteuse.

On distingue une variation latérale de faciès à l'intérieur de la Formation d'Ortenau ou de Neuenburg : dans les vallées latérales telle que celles de la Kinzig ou de la Schutter les alluvions proviennent uniquement de la Forêt-noire, alors que vers le Rhin le matériel alpin domine largement. Cette variation engendre une augmentation de la perméabilité des bords du fossé vers le milieu. Les zones de passage de faciès coïncident parfois avec la position des failles du substratum ante quaternaire.

Au Sud du Kaiserstuhl ainsi qu'au Nord jusque dans le secteur de Strasbourg-Offenburg les sédiments fins manquent totalement ou presque dans les sédiments sablo-graveleux, ou n'existent que sous forme de lentilles peu épaisses. Au Nord du domaine étudié apparaissent dans la Formation de Neuenburg des intercalations peu perméables de dépôts à grain fin (Fig. 8.1). Au Nord d'une ligne Lichtenau-Bühl un horizon à grain fin (ZH3) commence à former localement une couche continue. Lorsqu'il est présent, l'aquifère graveleux a un caractère multicouche. La répartition et la nature lithologique de ces horizons intercalaires a été cartographiée dans le secteur Offenburg/Kehl/Strasbourg et plus au Nord (p.ex. "Horizon de Kehl").

A partir d'Iffezheim environ l'intercalaire supérieur est continu et forme une barrière hydraulique efficace. Les déterminations d'âge par le C14 effectuées sur des échantillons en provenance du secteur de Rastatt donnent un âge de 45000 à

Raum Rastatt Alter von mehr als 45000 bzw. 43000 Jahren BP und von 29300 ± 500 Jahren BP (Bohrung Urloffen, Geyh in BARTZ, 1976, zitiert in HGK, 1979, S. 14). Dies führt zu einer Einstufung des OZH in das Eem. BLUDAU (1995) nimmt für den OZH1 und OZH2 alt- bis mittelquartär/jungquartäres Alter an, d.h. eine Zeitspanne vom Cromer-Komplex bis Würm/Spätwürm.

Die Lockersedimente der Freiburger Bucht, die in der randlichen Vorbergzone liegt, wurden überwiegend von der Dreisam sowie der Glotter und der Elz abgelagert. Im Spätwürm floss der Rhein mit einem Seitenarm zwischen Tuniberg und Kaiserstuhl in die Freiburger Bucht und dort weiter entlang des Ostrand des Kaiserstuhls nach Norden. In dieser Ostrheinrinne lagerte er kalkige Sedimente alpinen Ursprungs ab. SEIDEL et al. (2004) bestimmten an Holzfunden im oberen Abschnitt der Ostrheinschotter mit der Radiokarbonmethode Alter von 11105 ± 40 Jahren BP (1 km südwestlich Nimburg, 1,9 m Tiefe) bzw. 10527 ± 38 Jahren BP (1,5 km südwestlich Neuershausen, 2,5 m Tiefe). Das beginnende Torfwachstum im Wasenweiler Ried (Radiokarbonatierung: ab 10727 ± 98 Jahren BP, Friedmann, 2000) wird als erstes Anzeichen für eine Verlandung der Rinne gesehen.

In der Freiburger Bucht ist im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation der Riegel-Horizont als feinklastische und hydraulisch wirksame Lage ausgebildet (s. Abb. 10.4).

43000 ans BP et de 29300 ± 500 ans BP (forage Urloffen, Geyh in BARTZ, 1976, cité dans HGK, 1979 p.14). Ceci lui donnerait donc un âge Eemien. Cette détermination ne concorde pas avec celle de BLUDAU (1995) qui trouve pour les intercalaires OZH 1 et OZH 2 un âge quaternaire moyen à récent, c. à d. une période entre Cromérien et Würm à Würm récent.

Les sédiments du bassin de Freiburg, dans le piémont de la Forêt-noire, ont été essentiellement déposés par la Dreisam, la Glotter et l'Elz. Lors du Würm supérieur le Rhin coulait par un bras latéral passant entre le Tuniberg et le Kaiserstuhl jusque dans le bassin de Freiburg et suivait la bordure Est du Kaiserstuhl vers le Nord. Dans ce chenal oriental du Rhin se sont déposés des sédiments calcaires d'origine alpine. SEIDEL et al. (2004) ont mesuré par le C14 sur un fragment de bois un âge de 11105 ± 40 ans BP (à 1km au Sud de Nimburg, à 1,9 m de profondeur) et 10527 ± 38 BP (à 1,5 km au SW de Neuershausen à 2,5 m de profondeur). Le début du développement de tourbe dans le Ried de Wasenweiler (10727 ± 98 ans BP, Friedmann, 2000 au C14) est considéré comme le premier signe d'envasement du chenal. Dans le bassin de Freiburg, dans la partie supérieure de la formation de Breisgau, l'horizon de Riegel forme un intercalaire de matériaux élastiques fins hydrauliquement efficace (cf. fig. 10.4).

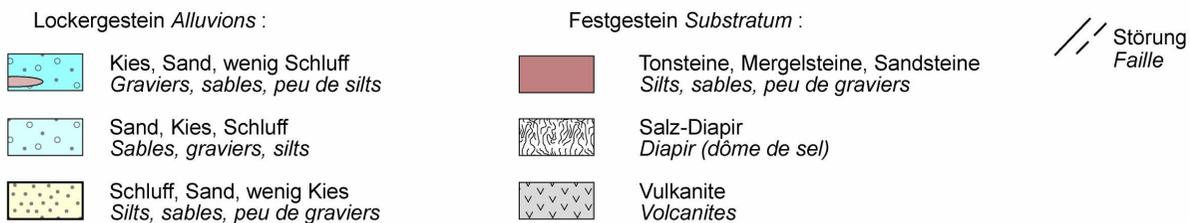
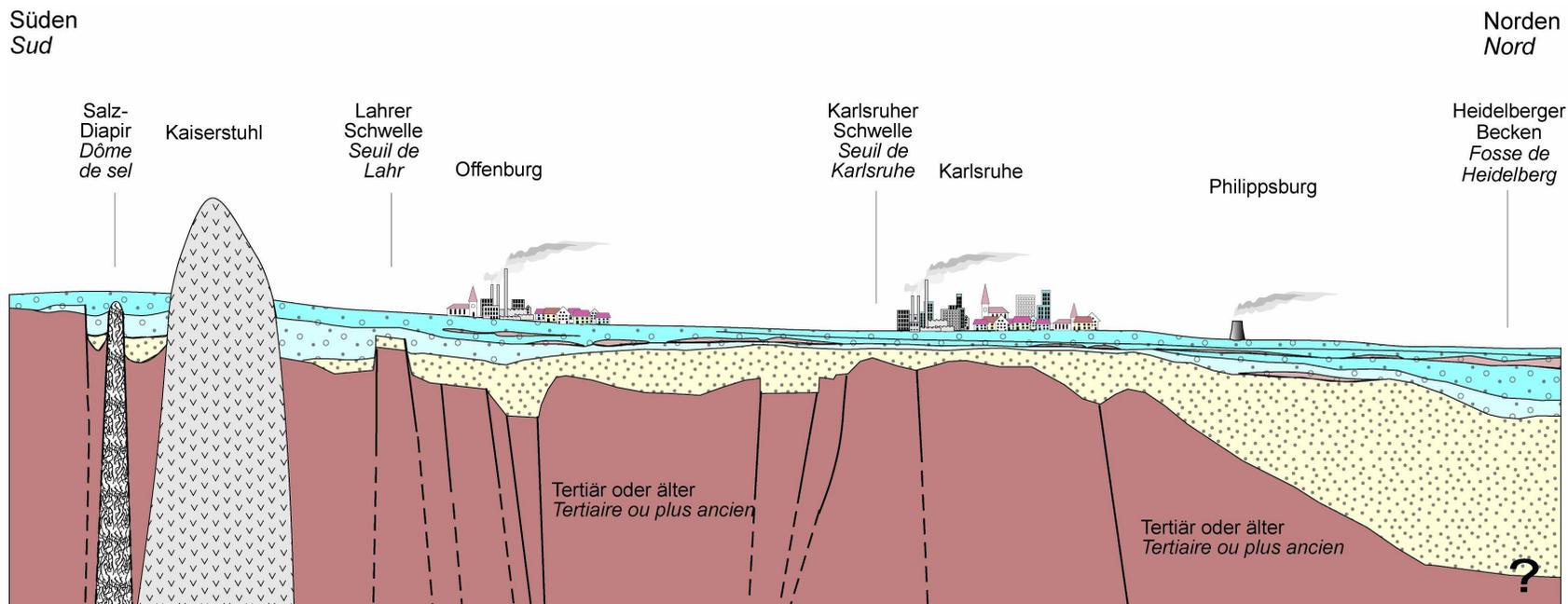


Abbildung 8.1: Schematischer Längsschnitt entlang des heutigen Rheinverlaufs von Basel bis Mannheim.
 Figure 8.1: Coupe longitudinale schématique le long du cours actuel du rhin, de Bâle à Mannheim.

8.2 ÄLTERE GLIEDERUNGSANSÄTZE DER LOCKER- GESTEINSFÜLLUNG UND NEUES KLIMA-/ LITHO- STRATIGRAPHISCHES GLIEDERUNGSSHEMA

BARTZ (1976, 1982) lieferte grundlegende Arbeiten für die lithostratigraphische Gliederung der Lockersedimente des Oberrheingrabens. Er gliederte im Raum Karlsruhe-Rastatt die Sedimente in eine untere altquartäre und eine obere kiesige Abfolge. Die obere kiesige Abfolge wiederum wurde in ein Unteres, Mittleres und Oberes Kieslager (UKL, MKL, OKL) unterteilt, die durch die beiden feinkörnigen Zwischenhorizonte Unterer Zwischenhorizont und Oberer Zwischenhorizont (UZH, OZH) getrennt werden. Diese Gliederung wurde in den hydrogeologischen Bearbeitungen nördlich des Kaiserstuhls bis Rastatt übernommen (HGK, 1978a, b; HGK, 1979; HGK, 1980). WERNER et al. (1997) führen die Gliederung in OKL, MKL und UKL bis in den Raum südlich des Kaiserstuhls fort. Hier fehlen großräumig verbreitete feinklastischen Einschaltungen.

Neben der lithostratigraphischen Gliederung geben biostratigraphische Zeitmarken für einzelne feinklastische Horizonte Anhaltspunkte zur Gliederung der Lockersedimente. Da im südlichen Oberrheingraben feinklastische Horizonte weitgehend fehlen, beschränken sich diese Untersuchungen hauptsächlich auf den nördlichen und mittleren Abschnitt des Grabens [z. B. BARTZ 1982, BLUDAU 1995]. Die Interpretation der Ergebnisse ist hinsichtlich der Alterseinstufung der untersuchten Schichten häufig problematisch, z. B. biostratigraphische Datierungen für den OZH und den UZH [BARTZ 1976, BARTZ 1982, BLUDAU 1995, ELLWANGER et al. 1995, ELLWANGER et al. 2003]. Nach BLUDAU (1995) scheint der UZH aus mindestens drei unterschiedlich alten Einheiten (UZH1 – 3), der OZH aus mindestens 2 Einheiten (OZH1 und OZH2) zu bestehen. Er nimmt an, dass der UZH 1 Tegelen oder Teile davon beinhaltet (Beginn Quartär; 2,4 Ma, Tegelen nach Paläomag-

8.2 ANCIENNES SUBDIVISIONS DU REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE ET NOUVEAU SCHEMA LITHO- STRATIGRAPHIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

BARTZ (1976, 1982) est l'auteur de travaux fondamentaux pour la subdivision lithostratigraphique des sédiments du Fossé rhénan dans le secteur étudié. Dans le secteur Karlsruhe-Rastatt il a distingué une série inférieure du Quaternaire ancien et une série graveleuse supérieure. La série graveleuse supérieure a été à son tour divisée en niveaux inférieur, moyen et supérieur (UKL, MKL, OKL) séparés par deux horizons intercalaires, l'horizon inférieur et l'horizon supérieur (UZH, OZH). Ce classement a été adopté pour les études hydrogéologiques au Nord du Kaiserstuhl jusqu'à Rastatt (HGK, 1978a, b; HGK, 1979; HGK, 1980). WERNER et al. (1997) ont étendu les subdivisions en OKL, MKL et UKL jusqu'au Sud du Kaiserstuhl, malgré l'absence d'horizons intercalaires de matériaux fins présentant une continuité régionale.

A côté des critères lithostratigraphiques, des critères biostratigraphiques donnent quelques points de repère pour la subdivision des sédiments. Du fait de l'absence de sédiments clastiques fins dans le Sud du Fossé rhénan supérieur, les recherches se sont cantonnées dans les parties moyenne et septentrionale [p. ex. BARTZ 1982, BLUDAU 1995]. L'interprétation des résultats du point de vue de la chronologie est souvent problématique, comme le montrent par exemple les datations biostratigraphiques des intercalaires OZH et UZH [BARTZ 1976, BARTZ 1982, BLUDAU 1995, ELLWANGER et al. 1995, ELLWANGER et al. 2003]. D'après BLUDAU (1995) l'intercalaire UZH comporte au moins 3 unités d'âge différent (UZH1 à 3), l'intercalaire OZH 2 niveaux (OZH1 et OZH2). Il suppose que le UZH1 appartient au moins en partie au Tegelen (début du Quaternaire : 2,4 Ma ; Tegelen par datation paléomagnétique 2,4 – 1,9 Ma), le UZH2 également au Tegelen (ou

netik: 2,4-1,9 Ma), der UZH 2 dem Tegelen (oder jünger?) und der UZH3 dem Uhlenberg-Interglazial (Alterseinstufung unsicher, zwischen Cromer und Reuver [SCHREINER 1992] zuzuordnen ist.

Einen weiteren Gliederungsansatz liefert der Schwermineralgehalt der Sedimente (u. a. BOENIGK 1976, BOENIGK 1987, HAGEDORN 2004). Hierbei konnten für bestimmte Einheiten charakteristische Schwermineralassoziation unterschieden werden. Dies ermöglicht in den untersuchten Bohrungen, unterstützend zur lithofaziellen Aufnahme, eine genauere Grenzziehung zwischen den Einheiten und eine Korrelation der Bohrungen untereinander. Darüber hinaus werden Optisch Stimulierte Lumineszenz (OSL)-Datierungen, faunenstratigraphische Marken und paläomagnetische Marken als Hilfsmittel zur altersmäßigen Einstufung der Sedimente herangezogen [ELLWANGER et al. 2003: Tab. 4].

ELLWANGER et al. (1995) weisen darauf hin, dass eine lithostratigraphische Gliederung der Abfolge problematisch ist. Die früher übliche Gleichsetzung von Grobsedimenten mit kaltzeitlichem Milieu erscheint nicht zwingend. Eine abschließende, für den gesamten Oberrheingraben von Basel bis Frankfurt gültige stratigraphische Gliederung der jungtertiären und quartären Sedimentabfolge sowie eine Korrelation der Einheiten gibt es bisher noch nicht.

Die Lockersedimentabfolge lässt sich aufgrund lithologischer Unterschiede (Unterschiede im Sand/Schluff-Gehalt, im Zersetzungsgrad der Gerölle, in der Lagerungsdichte und anhand von Groblagen) in mehrere hydrogeologische Einheiten untergliedern. Die für den südlichen und mittleren Oberrheingraben gültige stratigraphische Neugliederung der Lockergesteinsabfolge [LGRB, 2000; RPF/LGRB, 2006; ELLWANGER et al. 2003] wurde hierfür übernommen (Tabellen 8.1, 8.2).

plus récent ?), le UZH à l'interglaciaire d'Uhlenberg (chronologie incertaine entre Cromer et Reuver d'après [SCHREINER 1992].

La teneur en minéraux lourds des sédiments fournit un autre critère de classement [cf. BOENIGK 1976, BOENIGK 1987, HAGEDORN 2004]. Pour certaines séquences sédimentaires on peut distinguer des associations de minéraux lourds caractéristiques. Ceci permet de tracer une limite plus précise entre les faciès dans les forages concernés et de conforter les corrélations entre les forages. En outre des datations OSL, des repères de faune à signification stratigraphique et des repères paléomagnétiques ont été exploités à l'appui de la chronologie des sédiments [ELLWANGER et al. 2003: tableau. 4].

ELLWANGER et al. (1995) font remarquer que le classement lithostratigraphique de la série reste problématique. On ne peut conserver, comme on l'admettait auparavant, une équivalence absolue entre sédiments grossiers et milieu glaciaire. On ne dispose finalement pas encore d'une échelle stratigraphique valable des séries du Tertiaire récent et du Quaternaire pour l'ensemble du Fossé rhénan entre Bâle et Francfort, ni d'une corrélation entre les différentes unités.

On peut subdiviser les alluvions en plusieurs unités hydrogéologiques d'après des critères lithologiques (différences dans la proportion de sable et de silt, dans l'état de décomposition des galets, dans la compaction des couches et dans la présence de niveaux grossiers). La nouvelle stratigraphie proposée pour le Fossé rhénan supérieur méridional et moyen a été adoptée ici [LGRB 2000, RPF/LGRB, 2006, ELLWANGER et al. 2003]d (Tableaux 8.1, 8.2).

Tabelle 8.1: Quartär in Baden-Württemberg, Klima-/lithostratigraphisches Übersichtsschema (LGRB, Internetseite).
 Tableau 8.1: Schéma d'ensemble lithostratigraphique et climatique du Quaternaire au Bade-Wurtemberg.

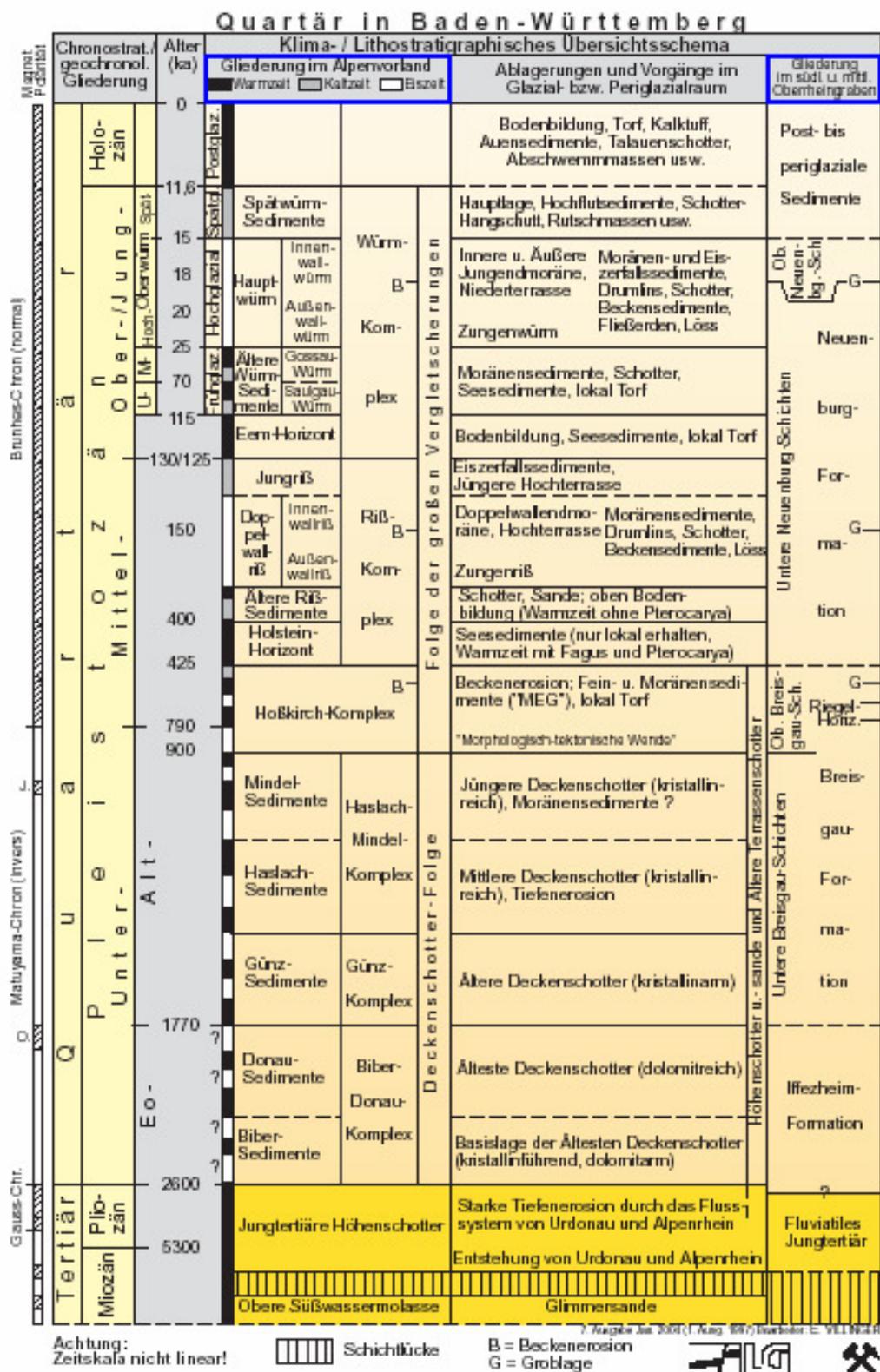


Tabelle 8.2: Quartärgliederung im südlichen, mittleren und nördlichen Oberrheingraben nach dem Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (RPF/LGRB, 2006).

Tableau 8.2: Subdivisions du Quaternaire dans le Fossé rhénan supérieur méridional et moyen d'après la codification géologique du Bade-Wurtemberg (RPF/LGRB, 2006).

Geologische Einheiten in Baden-Württemberg

ID-Nr.	Oberbegriff	Kürzel	Geologische Einheit	Bemerkungen (synonymer Begriff: gültig) , [früherer Begriff: ungültig]	Strat. Rang
			Neue Quartär-Gliederung im südlichen und mittleren Oberrheingraben	Raum Basel--Karlsruhe; im oberflächennahen Bereich zusätzlich y- und qs-Einheiten verwendbar (siehe landesweite Quartär-Gliederung); vgl. HAGEDORN (2004)	
1176	1258	qN	--- Neuenburg-Formation	[Jüngere Schotter, Riß-Würm-Komplex], entspr. Riß-Komplex und Würm-Komplex	Fm
1590	1176	qNo	---- Obere Neuenburg-Schichten	entspr. Innenwallwürm; Basis = obere alpine Groblage	SFm
1550	1591	ORS	---- Ostrhein-Schotter		Fgl
1591	1176	qNu	---- Untere Neuenburg-Schichten	entspr. Innenwallriß und Außenwallwürm; Basis = untere alpine Groblage. Lokal unten Sedimente, die dem Außenwallriß entsprechen	SFm
1625	1258	qO	--- Ortenau-Formation	mittlerer Graben ab etwa Raum Lahr nach Norden; vertritt hier die Breisgau-Formation	Fm
1177	1258	qBS	--- Breisgau-Formation	südlicher und mittlerer Graben bis etwa Raum Lahr	Fm
1551	1177	qBSo	---- Obere Breisgau-Schichten	Hornblende führend	SFm
1553	1177	qBSu	---- Untere Breisgau-Schichten	frei von Hornblende	SFm
1552	1551	RH	---- Riegel-Horizont		Fgl
1179	1258	qIS	--- Iffezheim-Formation	älteres Unterpleistozän (?) bis Pliozän; Überschneidung mit Fluvialtem Jungtertiär (tF) noch unklar	Fm
			Quartär: Gliederung im Oberrheingraben		
1258	2	qOR	-- Quartäre Schichtenfolge im Oberrheingraben		Gr
			Neue Quartär-Gliederung im nördlichen Oberrheingraben	Raum Mannheim--Karlsruhe; im oberflächennahen Bereich zusätzlich y- und qs-Einheiten verwendbar (siehe landesweite Quartär-Gliederung)	
1621	1258	qM	--- Mannheim-Formation	entspr. Neuenburg-Fm. und ca. ob. Breisgau-Schichten, [Oberes Kieslager]	Fm
1622	1258	qK	--- Kurpfalz-Formation	entspr. ca. Unteren Breisgau-Schichten, (Altquartär bis Ob. Zwischenhorizont)	Fm
1623	1622	LA	---- Ladenburg-Horizont	(Oberer Zwischenhorizont), [Oberer Ton]; cromerzeitlich	SFm
1624	1622	WE	---- Weinheim-Schichten	(Altquartär, Unt. Kieslager, Unt. Zwischenhoriz. und Mittl. Kieslager)	SFm
1179	1258	qIS	--- Iffezheim-Formation	älteres Unterpleistozän (?) bis Pliozän; Überschneidung mit Fluvialtem Jungtertiär (tF) noch unklar	Fm
			Klassische (veraltete) Quartär-Gliederung im Oberrheingraben	vor allem im nördlichen Graben (Raum Mannheim--Karlsruhe) verwendet; stratigr. unsicher, BARTZ (1982); im oberflächennahen Bereich zusätzlich y- und qs-Einheiten verwendbar (siehe landesweite Quartär-Gliederung)	
205	1258	qJ	--- Jungquartär	(Jungquartär-Schichten)	UGr
207	205	OKL	---- Oberes Kieslager (OKL)	Jung- bis Mittelpleistozän	Fm
1150	207	OKLo	---- Oberes OKL	Raum Mannheim--Heidelberg	SFm
1151	207	ZH1	---- Zwischenhorizont 1	Raum Mannheim--Heidelberg	SFm
1152	207	OKLu	---- Unteres OKL	Raum Mannheim--Heidelberg	SFm
208	205	OZH	---- Oberer Zwischenhorizont	(Oberer Ton) im Rhein-Neckar-Raum, gebietsweise nicht vorhanden	Fm
209	205	MKL	---- Mittleres Kieslager (MKL)		Fm
1153	209	MKLo	---- Oberes MKL	Raum Mannheim--Heidelberg	SFm
1539	1153	MKLo2	---- Oberes MKL 2	Raum Mannheim--Heidelberg	Fgl
1154	1153	ZH2	---- Zwischenhorizont 2	Raum Mannheim--Heidelberg	Fgl
1540	1153	MKLo1	---- Oberes MKL 1	Raum Mannheim--Heidelberg	Fgl
1155	209	ZH3	---- Zwischenhorizont 3	Raum Mannheim--Heidelberg	SFm
1156	209	MKLu	---- Unteres MKL	Raum Mannheim--Heidelberg	SFm
210	205	UZH	---- Unterer Zwischenhorizont	gebietsweise nicht vorhanden	Fm
211	205	UKL	---- Unteres Kieslager	gebietsweise nicht vorhanden	Fm
212	1258	qA	--- Altquartär	(Altquartär-Schichten); Unterpleistozän, z. T. Pliozän ?	UGr

8.3 HYDROGEOLOGISCHES

GLIEDERUNGSSCHEMA

Die hydrogeologischen Einheiten im südlichen Oberrheingraben bis Rastatt sind nach dem Symbolschlüssel Geologie (RPF/LGRB 2006, Ausschnitt in Tabelle 8.2) benannt und sind in ihrer Mächtigkeit und Verbreitung mit diesen identisch. Es handelt sich dabei von oben nach unten um

- die Neuenburg-Formation (frühere Bezeichnung: Riß-Würm-Komplex, Jüngere Schotter, Frische Kiese),
- die Ostrheinschotter (nur in der Freiburger Bucht),
- die Breisgau-/Ortenau – Formation,
- den Riegel - Horizont (im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation, nur in der Freiburger Bucht),
- die Iffezheim-Formation bzw. das fluviatile Jungtertiär.

Die räumliche Beziehung der hydrogeologischen Einheiten zueinander und die strukturelle Gliederung des Untergrundes kommen in dem schematisierten hydrogeologischen Längsschnitt zum Ausdruck, der zwischen Weil a. Rhein und Mannheim von Süden nach Norden etwa dem heutigen Verlauf des Rheins folgt (Abb. 8.1).

Der bisherige Ansatz zur Gliederung der Lockergesteinsfüllung des baden-württembergischen Teils des Oberrheingrabens sind in der Tabelle 8.3 dargestellt. Daraus wurde ein hydrogeologisches Korrelationsschema zwischen den Lockergesteinen im südlichen, mittleren und nördlichen Oberrheingraben abgeleitet (Tab. 8.4). Die einzelnen Einheiten wurden nach hydrogeologischen Gesichtspunkten zusammengefasst und in Grundwasserleiter (unterschiedliche Blautöne) und –geringleiter untergliedert.

8.3 SUBDIVISIONS HYDROGÉOLOGIQUES

Les unités hydrogéologiques du Fossé rhénan méridional jusqu'à Rastatt sont dénommées d'après la nouvelle codification géologique (RPF/LGRB 2006, cf. extrait du tableau 8.2). On distingue ainsi de haut en bas :

- la Formation de Neuenburg (antérieurement appelée complexe Riss-Würm, alluvions récentes, graviers frais),
- les alluvions du chenal Est du Rhin (seulement dans le bassin de Freiburg),
- la formation de Breisgau/ de Ortenau,
- l'horizon de Riegel (dans la partie supérieure de la Formation de Breisgau, seulement dans le bassin de Freiburg),
- la formation d'Iffezheim.

Les relations spatiales entre les diverses unités hydrogéologiques et la structure du substratum apparaissent dans la coupe longitudinale schématique qui suit à peu près l'actuel cours du Rhin de Weil am Rhein au Sud jusqu'à Mannheim au Nord (fig. 8.1).

Les différentes propositions de subdivision des sédiments de la partie badoise du Fossé rhénan supérieur sont présentées dans le tableau 8.3. Un schéma de corrélation entre les sédiments du Sud, du Nord et du milieu du Fossé rhénan a été tiré de ces données (tableau 8.4). Les diverses unités ont été regroupées selon des critères hydrogéologiques et subdivisées en aquifères (couleurs bleues) et en aquitards.

Tabelle 8.3: Lithologisches Korrelationsschema für die Lockergesteinsabfolge des baden-württembergischen Teils des Oberrheingrabens (OKL: Oberes Kieslager, MKL: Mittleres Kieslager, UKL: Unteres Kieslager; ZH: Zwischenhorizont, OZH: Oberer Zwischenhorizont, UZH: Unterer Zwischenhorizont).

Tableau 8.3 : Schéma lithologique de corrélation des alluvions de la partie Badoise du Fossé rhénan supérieur (OGWL: Aquifère supérieur, MGWL(o/m/u): Aquifère moyen (supérieur, moyen, inférieur), UGWL: Aquifère inférieur; OKL: Alluvions récentes, MKL: Alluvions moyennes, UKL: Alluvions anciennes; ZH: Intercalaire, OZH: Intercalaire supérieur, UZH: Intercalaire inférieur).

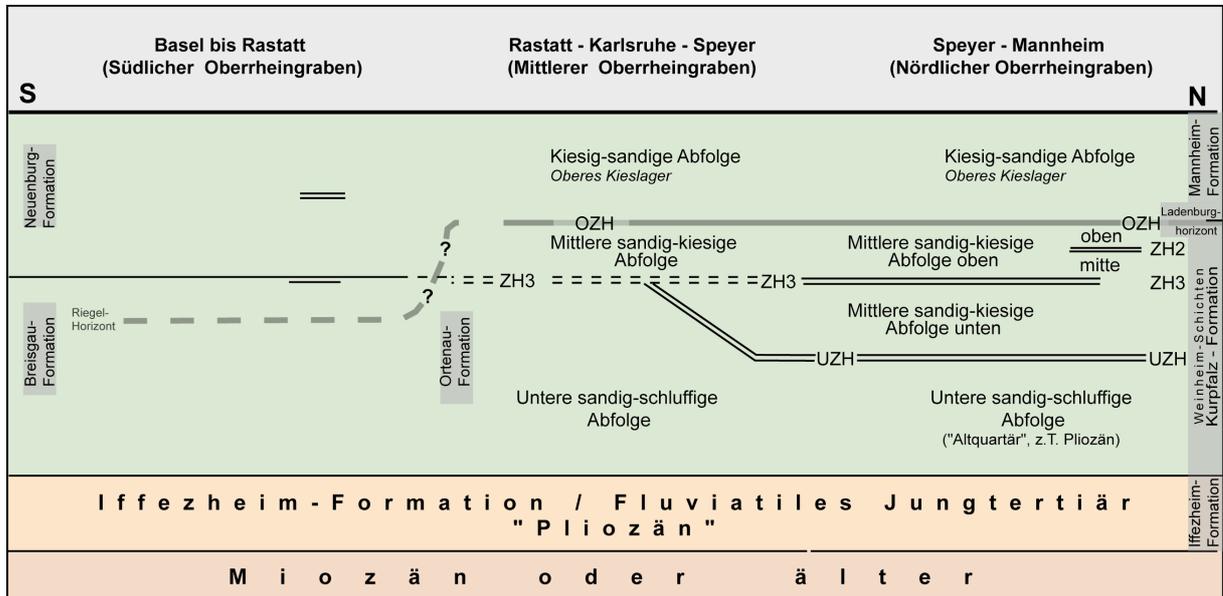
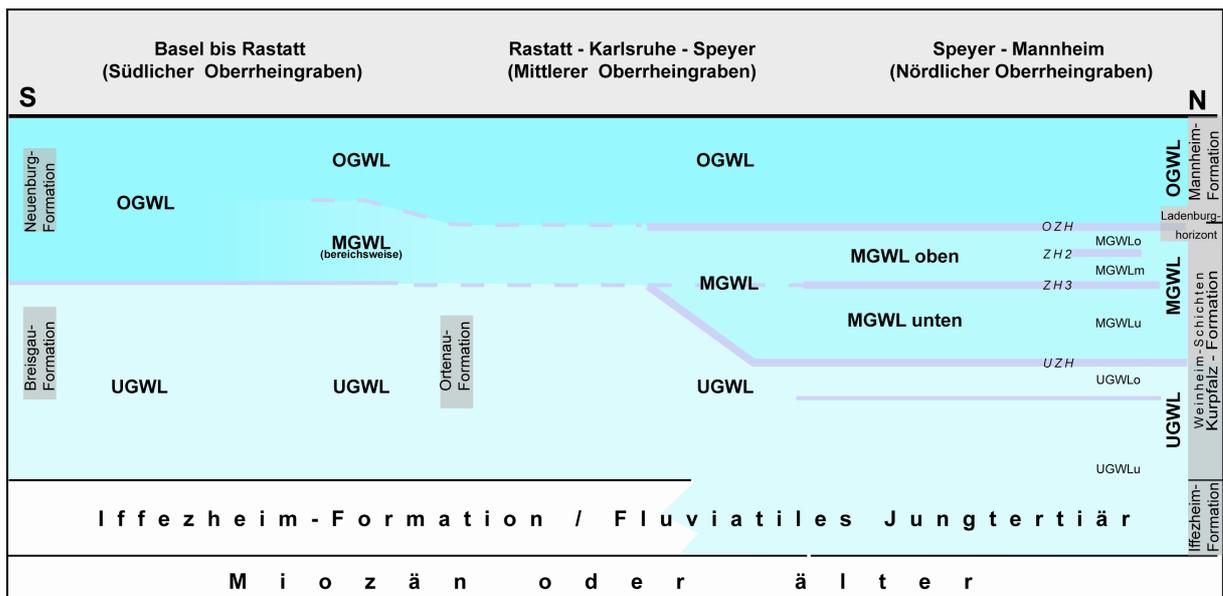


Tabelle 8.4: Hydrogeologisches Korrelationsschema für die Lockergesteinsabfolge des baden-württembergischen Teils des Oberrheingrabens und Untergliederung in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter (OGWL: Oberer Grundwasserleiter, MGWL(o/m/u): Mittlerer Grundwasserleiter (oben, mitte, unten), UGWL: Unterer Grundwasserleiter; ZH: Zwischenhorizont, OZH: Oberer Zwischenhorizont, UZH: Unterer Zwischenhorizont).

Tableau 8.4 : Schéma hydrogéologique de corrélation des alluvions de la partie Badoise du Fossé rhénan supérieur (OGWL: Aquifère supérieur, MGWL(o/m/u): Aquifère moyen (supérieur, moyen, inférieur), UGWL: Aquifère inférieur; ZH: Intercalaire, OZH: Intercalaire supérieur, UZH: Intercalaire inférieur).



8.4 VERGLEICH ÄLTERER HYDROGEOLOGISCHER BEARBEITUNGEN MIT DER VORLIEGENDEN ARBEIT

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der neuen Bearbeitung südlich des Kaiserstuhls im Vergleich zur HGK (1977) sind:

- Mächtigkeit und Verbreitung der Lockergesteine werden zumindest bereichsweise durch Störungen im präquartären Untergrund gesteuert. Einzelne Verwerfungen reichen mindestens bis in den basalen Abschnitt der Neuenburg-Formation.
- Die Basis der Neuenburg-Formation liegt gebietsweise höher als die der „frischen Kiese“ in der HGK.
- Das Verbreitungsgebiet der Breisgau-Formation reicht weiter nach Süden als das der entsprechenden „Festgelagerten Kiese und Schotter mit größeren Schluffanteilen“ der HGK (etwa bis in den Bereich Steinstadt).
- Die Neuenburg-Formation sowie die Breisgau-Formation können bereichsweise lateral und vertikal lithofaziell untergliedert werden.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen der neuen Bearbeitung nördlich des Kaiserstuhls bis Rastatt im Vergleich zur HGK (1980) sind:

- Die der HGK zugrunde liegende Gliederung der sandig-kiesigen Lockergesteinsfüllung in Unteres, Mittleres und Oberes Kieslager (UKL, MKL, OKL) und in die dazwischen liegenden Zwischenhorizonte (OZH und UZH) wurde aufgegeben. Stattdessen wurden die kiesigen Lockersedimente in Übereinstimmung mit dem Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (RPF/LGRB, 2006) in die Neuenburg-Formation und die Breisgau/Ortenau-Formation untergliedert (Tab. 8.1). Dabei entspricht die Neuenburg-Formation dem Oberen Kieslager und Teilen des Mittleren Kieslagers und die Breisgau/Ortenau-Formation Teilen des Mittleren Kieslagers (Schluffe, Sande,

8.4 COMPARAISON AVEC LES ETUDES HYDROGEOLOGIQUES ANCIENNES

Au Sud du Kaiserstuhl, les principales différences entre la présente étude et la HGK (1977) sont:

- L'épaisseur et l'extension des alluvions sont au moins localement contrôlés par le jeu de failles du substratum ante quaternaire. Quelques failles se manifestent jusque dans la base de la Formation de Neuenburg
- La base de la Formation de Neuenburg peut se situer à un niveau supérieur à celui des « graviers frais » de la HGK
- La Formation de Breisgau s'étend plus loin vers le Sud que la formation correspondante "Graviers consolidés et alluvions très silteuses" de la HGK (jusqu'au voisinage de Steinstadt environ)
- La Formation de Neuenburg ainsi que la Formation de Breisgau peuvent être par endroit subdivisées latéralement et verticalement en différents lithofaciès.

Au Nord du Kaiserstuhl jusqu'à Rastatt, les principales différences entre la présente étude et la HGK (1980) sont :

- La subdivision des alluvions en trois niveaux faite par la HGK (UKL, MKL, OKL) séparés par des horizons intercalaires (OZH et UZH) a été abandonnée. En revanche les alluvions graveleuses ont été subdivisées, en accord avec la nouvelle codification géologique du Bade-Wurtemberg (RPF/LGRB, 2006) en Formation de Neuenburg et en Formation d'Ortenau/Breisgau (tableau 8.1). C'est ainsi que la Formation de Neuenburg correspond aux alluvions récentes (OKL) et à une partie des alluvions moyennes MKL, la Formation de Breisgau/Ortenau à une partie des alluvions moyennes MKL (silts, sables et galets pourris en bordure nord du Kaiserstuhl,

zersetzte Kiese am Kaiserstuhl-Nordrand, der Riegeler Pforte und dem Schuttertal) und dem Unteren Kieslager (siehe Tab. 3.1 in HGK, 1980).

- Mächtigkeit und Verbreitung der Lockergesteine werden zumindest bereichsweise durch Störungen im präquartären Untergrund gesteuert. Einzelne Verwerfungen reichen mindestens bis in den basalen Abschnitt der Neuenburg-Formation.

de la Porte de Riegel et du Schuttertal) et aux alluvions de base UKL (Tableau 3.1 dans HGK, 1980).

- L'épaisseur et l'extension des alluvions sont au moins localement contrôlés par le jeu de failles du substratum ante quaternaire. Quelques failles se manifestent au moins jusqu'à la partie basale de la Formation de Neuenburg.

9 Beschreibung der hydrogeologischen Einheiten

Description des unités hydrogéologiques

Die Lockergesteinsabfolge im Projektgebiet wurde in hydrogeologische Einheiten gegliedert.

Als hydrogeologische Einheit wird nach der AD-HOC-AG HYDROGEOLOGIE (1997): „ein Gesteinskörper bezeichnet, der aufgrund seiner Petrographie, Textur oder Struktur im Rahmen einer festgelegten Bandbreite einheitliche hydrogeologische Eigenschaften aufweist und durch Schichtgrenzen, Faziesgrenzen, Erosionsränder oder Störungen begrenzt ist. Die Bandbreite, innerhalb der ein Gesteinskörper als homogen betrachtet wird, ist in starkem Maße vom Bearbeitungs- und Darstellungsmaßstab abhängig“.

Die Schichten der Bohrungen wurden entsprechend den beschriebenen Kriterien in hydrogeologische Einheiten zusammengefasst, die auch geologischen Einheiten gleichzusetzen sind (vgl. RPF/LGRB, 2006). Tabelle 9.1 enthält eine lithologische Kurzbeschreibung der hydrogeologischen Einheiten. In z. T. schematischen Säulenprofilen wurde die Lockergesteinsabfolge für einige Bereiche des Untersuchungsgebietes beispielhaft dargestellt (Abb. 9.1, 9.8, 9.9, 9.12, 9.13, 9.17).

9.1 ANTHROPOGENE AUFSCHÜTTUNG (yA)

Eine anthropogene Aufschüttung ist eine vom Menschen absichtlich erzeugte Akkumulation von natürlichem und künstlichem Material (Auffüllung).

Anthropogene Aufschüttungen sind lithologisch sehr inhomogen. Sie können aus lokalem Erdaushub, Abraum, Abfall, Bauschutt, Hausmüll und Gewerbemüll bestehen.

La succession des alluvions du secteur concerné a été subdivisée en unités hydrogéologiques.

On considère comme unité hydrogéologique d'après AD-HOC-AG HYDROGEOLOGIE (1997) "un ensemble de terrains qui par sa pétrographie, sa texture ou sa structure possède des propriétés hydrogéologiques homogènes dans un domaine donné et qui est limité par des contacts lithologiques, des passages de faciès, par des contacts érosifs ou des failles. Le domaine dans lequel on considère que les terrains sont homogènes dépend fortement de l'échelle de travail et de représentation utilisée".

Les terrains reconnus par forages ont été rassemblés selon les critères ci-dessus en unités hydrogéologiques qui correspondent le plus souvent identifiables à des formations géologiques (cf. RPF/LGRB, 2006). Le tableau 9.1 présente une brève description lithologique des unités hydrogéologiques. La succession des alluvions est présentée à titre d'exemple pour quelques secteurs sous la forme de coupes-types (Fig. 9.1, 8, 9, 12, 13, 17).

9.1 REMBLAI ANTHROPIQUE (yA)

Les remblais d'origine anthropique sont des dépôts de matériaux naturels ou artificiels (comme les décharges) accumulés par l'homme.

Très hétérogènes du point de vue lithologique, ils peuvent être constitués de sols ou terrains locaux (tout-venant), de déchets, de matériaux de démolition, d'ordures ménagères ou de déchets industriels.

9.2 DECKSCHICHTEN (qD)

Als Deckschichten wurde die gering durchlässige Überdeckung des obersten Grundwasserleiters zusammengefasst.

Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Löss- und Schwemmlössablagerungen, feinklastische Hochflut- und Auesedimente und um die feinklastischen Ablagerungen des Kinzig-Murg-Flusses, der vor allem beim Austritt der Murg aus dem Schwarzwald südöstlich von Rastatt die Niederterrassenablagerungen ausräumte (Abb. 3.1). Die Rinnen wurden später durch Lehm, Sand und Torfbildungen aufgefüllt.

Lösssedimente sind überwiegend aus den pleistozänen Schotterebenen der Flüsse im Hochglazial ausgeblasene und mit dem Wind transportierte Feinsedimente. Der Löss ist stellenweise zu Lösslehm entkalkt.

Unter Hochflutsediment wird ein humusfreies, unter Auensediment ein mehr oder weniger humoses Hochwassersediment verstanden.

Die Deckschichten bestehen überwiegend aus Sanden und sandigen bis tonigen Schluffen. Stellenweise können geringmächtige schluffige Kieseinschaltungen auftreten.

Lössablagerungen sind meist von gelbbrauner bis brauner Farbe, Aue- und Hochwassersedimente sind meist dunkelbraun bis schwarzbraun.

Deckschichten sind im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet. Mächtige Lössablagerungen treten am Vorbergzonenrand im Markgräfler Land, der Emmendingen-Lahrer Vorberge und der Ortenau-Bühler Vorberge auf.

Eine Abgrenzung der mächtigeren Löss- und Lösslehmablagerungen, die südwestlich von Teningen, südlich von Reute sowie südlich von Denzlingen über den Kiesen der Neuenburg-Formation liegen, war auf der Grundlage der vorhandenen Bohrungen nicht möglich. Diesbezüglich wird auf die vorliegenden geologischen bzw. bodenkundlichen Karten verwiesen.

9.2 FORMATIONS SUPERFICIELLES (qD)

On entend ici par formations superficielles les sédiments peu perméables qui constituent la couverture de l'aquifère.

Il s'agit essentiellement de dépôts de loess ou de loess remaniés, de sédiments clastiques fins (limons de débordement et dépôts de zones inondables) et des dépôts fins des rivières Kinzig et Murg qui ont déblayé les matériaux de la basse terrasse surtout au débouché de la Murg au SE de Rastatt (Fig.3.1). Les chenaux ainsi créés ont été ultérieurement comblés par de l'argile, du sable et de la tourbe.

Les sédiments loessiques sont constitués par des sédiments fins amenés par le vent au Pléistocène aux périodes glaciaires, surtout depuis les plaines alluviales des fleuves. Le loess est localement transformé en lehm par altération superficielle.

On entend par limons de débordement des sédiments fins sans humus, par dépôt de zone inondable un sédiment plus ou moins riche en humus.

Les formations de couverture comprennent surtout des sables et des silts (limons) plus ou moins argileux avec de rares intercalations de graviers silteux.

Les dépôts de loess sont en général de couleur brun jaune à brun tandis que les limons de débordement et d'inondation sont brun foncé à brun noir.

Les formations superficielles sont représentées dans tout le domaine d'étude. D'importantes couches de loess se rencontrent dans le piémont de la Forêt-noire dans le Markgräflerland, les collines de Emmendingen-Lahrer et de Ortenau-Bühl.

Il n'a pas été possible de tracer de limite à partir des données de forage pour les dépôts de loess et de loess-lehm qui recouvrent les graviers de la Neuenburg Formation au SW de Teningen, au S de Reute ainsi qu'au S de Denzlingen. Il convient là de se reporter aux cartes géologiques ou aux cartes des sols disponibles.

Tabelle 9.1: Lithologische Kurzbeschreibung der hydrogeologischen Kartiereinheiten im Arbeitsgebiet (ORG: Oberrheingraben; FB: Freiburger Bucht).

Tableau 9.1: Description lithologique des unités hydrogéologiques du secteur d'étude (ORG: Fossé rhénan supérieur ; FB: Bassin de Freiburg).

Abkürzung der lithostratigraphischen Einheit/ Code (RPF/LGRB, 2006)	Bezeichnung der lithostratigraphischen Einheit <i>Dénomination</i>	Lithologische Kurzbeschreibung <i>Description lithologique simplifiée</i>
yA	Anthropogene Aufschüttung <i>Remblai anthropique</i>	Inhomogen; Feinsedimente, Grobsedimente, Bauschutt <i>Hétérogène ; sédiments fins et grossiers, matériaux de démolition</i>
„qD“	Deckschichten <i>Formations superficielles</i>	Sand, toniger Sand, Schluff, selten stark schluffig sandiger Kies <i>sable, sable argileux, silt, rarement graviers sableux très silteux</i>
qN	Neuenburg-Formation <i>Formation de Neuenburg</i>	ORG: grauer bis rötlichgrauer sandiger Kies, lagenweise mit Steinen und Blöcken; z.T. schwach schluffig, in der Grabenmitte überwiegend alpine Komponenten, am Grabenrand mit Lokalmaterial <i>Graviers sableux gris à gris rougeâtre, niveaux de galets et de blocs, parfois un peu silteux, matériaux alpins prédominants au milieu du Fossé, présence de matériaux locaux sur les bordures</i> FB: rötlichgrauer bis rötlicher Kies mit Steinen und Blöcken, bereichsweise schluffig, ausschließlich Schwarzwaldmaterial <i>Graviers sableux gris rougeâtre à rougeâtres, localement silteux, matériaux de la Forêt-noire uniquement</i>
ORS	Ostrheinschotter <i>Alluvions du chenal est du Rhin</i>	Gut sortierte, graue sandige Kiese, alpine Komponenten <i>Graviers sableux gris bien classés, matériel alpin</i>
OZH „FH“	Oberer Zwischenhorizont sowie Feinklastische Einschaltungen (Raum Strasbourg – Baden-Baden) <i>Intercalaire supérieur et niveaux fins (secteur de Strasbourg à Baden-Baden)</i>	Ton- und Schlufflagen, Feinsande und Sande mit größerer Mächtigkeit <i>Lits argileux et silteux, niveaux épais de sables et de sables fins</i>
qBS	Breisgau-Formation <i>Formation de Breisgau</i>	ORG: grauer bis braungrauer sandig schluffiger Kies mit unterschiedlich stark zersetzten „bunten“ Komponenten, nach unten zunehmend dichte Lagerung, alpine Komponenten und Lokalmaterial <i>Graviers sableux et silteux gris à gris brun à éléments "bariolés" plus ou moins altérés, de plus en plus compacts vers la base, matériaux alpins et locaux</i> FB: rötlichgrauer bis sandig schluffiger Kies, stellenweise geringmächtige Schlufflinsen, Komponenten oben zum Teil, unten überwiegend zersetzt („bunt“), dicht bis sehr dicht gelagert, ausschließlich Schwarzwaldmaterial <i>Graviers gris rougeâtre sableux à silteux, localement lentilles silteuses peu puissantes, éléments de la Forêt-noire "bariolés" altérés à décomposés vers la base, compacts à très compacts</i>
qO	Ortenau-Formation <i>Formation d'Ortenau</i>	Grauer bis braungrauer sandiger bis stark sandiger Kies, nach Norden zunehmend sandiger, sehr wenig bis keine zersetzten Komponenten, alpine Komponenten und Lokalmaterial <i>Graviers sableux à très sableux gris à gris brun, de plus en plus sableux vers le Nord, très peu ou pas d'éléments décomposés, matériaux alpins et locaux</i>
qRH	Riegel-Horizont <i>Horizon de Riegel</i>	Schwach feinsandiger schluffiger Ton bzw. toniger Schluff, im Norden der Freiburger Bucht mit organischen Beimengungen <i>Argile silteuse à silt argileux, sable fin subordonné, humifère au Nord du Bassin de Freiburg</i>
	Feinsedimente der Mengener Brücke <i>Sédiments fins du Seuil de Mengen</i>	Gelber bis gelblichgrauer feinsandiger Schluff bzw. toniger Schluff <i>Silt sableux à silt argileux jaune à gris jaunâtre</i>
qIS/tF	Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär <i>Formation d'Iffezheim/Pliocène final</i>	Südlich des Kaiserstuhls: Stark schluffig tonige, z.T. schwach kiesige rötliche bis beige Sande und Schluffe, kalkfrei <i>Au Sud du Kaiserstuhl : sables silteux et silts argileux rougeâtres à beiges, graviers subordonnés, non calcareux</i> Nördlich des Kaiserstuhls: helle glimmerhaltige Sande mit Fein- bis Mittelkies und grauen Schluff- und Tonbänken mit Torf- und Holzresten, kalkfrei <i>Au Nord du Kaiserstuhl : sables clairs micacés, graviers fins à moyens, bancs silteux et argileux à débris de tourbe et de bois, non calcareux</i>
t, j, k	Festgesteinsuntergrund <i>Substratum</i>	Tertiäre Ton- und Tonmergelsteine mit Sand- und Kalksteinbänken, Kalksteine, Mergelsteine, Dolomitsteine (Jura, Keuper) <i>Argiles et marnes argileuses tertiaires à lits de sable et de calcaire, calcaires, marnes, dolomies (jurassique)</i>

9.3 NEUENBURG-FORMATION (qN)

9.3.1 OBERRHEINGRABEN

Die Schotter der Neuenburg-Formation bestehen aus grauen bis rötlichgrauen Kiesen mit wechselnden Sand- und geringen Schluffanteilen (Abb. 9.2, 9.3, 9.4, 9.6). Stellenweise sind in die Kiese Steine und Blöcke bzw. sehr hoch durchlässige Rollkieslagen eingeschaltet. Innerhalb der Kiesabfolge sind linsenartig sandige Bereiche ausgebildet, die lateral nur über kurze Entfernungen korrelierbar sind.

Im Süden des Markgräfler Landes treten im basalen Abschnitt der Neuenburg-Formation nagelfluhartig verkittete Schotter auf (Abb. 9.5).

Südlich des Kaiserstuhls sind in der Neuenburg-Formation deutlich eine obere und eine untere Groblage zu erkennen, die innerhalb einer stärker sanddominierten Abfolge liegen (generelle Abfolge von unten nach oben: sandreiche Schotter (können fehlen) – Groblage - sandreiche Schotter - Groblage - sandreiche Schotter, Abb. 9.1).

Anhand dieser beiden Grobschüttungen wird die Neuenburg-Formation in die Oberen und Unteren Neuenburg-Schichten unterteilt. Diese Untergliederung wird nach Norden zu undeutlicher. Im Raum Strasbourg und nördlich davon ist sie nur noch in wenigen, gut dokumentierten Bohrungen zu erkennen.

9.3 FORMATION DE NEUENBURG (qN)

9.3.1 FOSSE RHENAN SUPERIEUR

Les alluvions de la Formation de Neuenburg consistent en des graviers gris à gris rougeâtre avec des niveaux plus sableux et parfois silteux (Fig. 9.2, 3, 4, 6). On observe localement des lits de galets et de blocs, voire de graviers "propres" extrêmement perméables ("Rollkies"). Dans la succession des graviers il existe quelques lentilles de sable qu'il n'est guère possible de corréliser entre elles.

Au Sud du Markgräflerland (MGL) on rencontre vers la base de la formation des lentilles de graviers consolidés ressemblant à des conglomérats ("Nagelfluh") (Fig. 9.5).

Au Sud du Kaiserstuhl on distingue nettement dans la Formation de Neuenburg deux horizons grossiers successifs intercalés dans une série à dominance sableuse (succession de bas en haut d'alluvions sableuses (parfois absentes) – alluvions grossières – alluvions sableuses – alluvions grossières – alluvions sableuses, cf. Fig.9.1).

Cette succession permet de distinguer une Formation de Neuenburg supérieure et inférieure. Cette division devient de plus en plus floue vers le Nord. A la hauteur de Strasbourg et plus au Nord on ne la repère plus que dans quelques forages bien documentés.

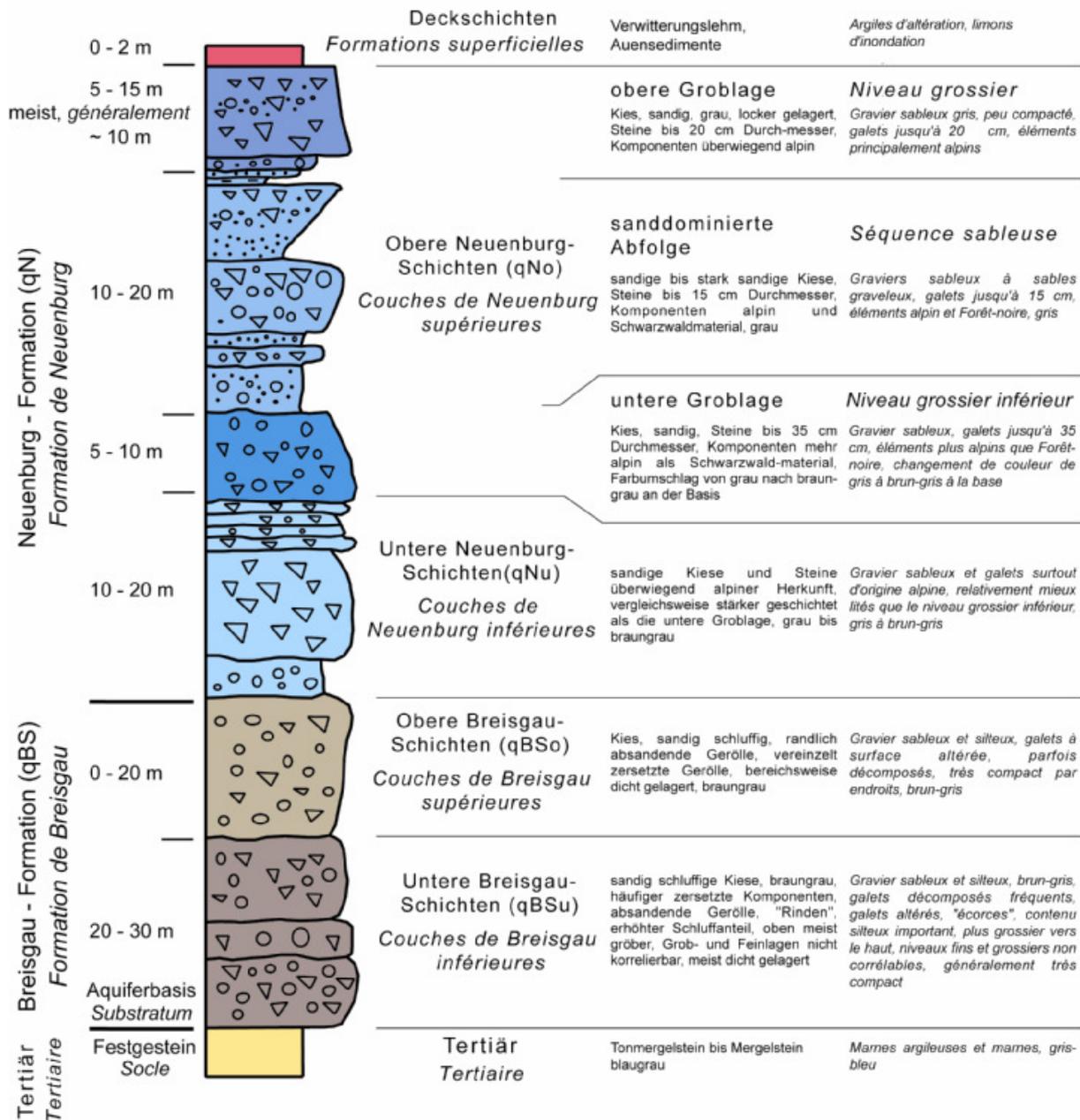


Abbildung 9.1: Schematisiertes Säulenprofil für den zentralen Bereich des Markgräfler Landes.
 Figure 9.1: Coupe-type schématique du secteur central du Markgräflerland.



Abbildung 9.2: Neuenburg-Formation: Kiesgrube Strohmaier bei Grissheim (TK 25 : 8211, R 33 93 057, H 53 05 838).
Figure 9.2: Formation de Neuenburg (gravière Strohmaier à Grissheim).



Abbildung 9.3: Neuenburg-Formation, Kiesgrube Märkt (TK 25: 8311, R 33 94 411, H 52 76 420).
Figure 9.3: Formation de Neuenburg (gravière de Märkt).

12 m u. GOK



16 m u. GOK

Abbildung 9.4: Neuenburg-Formation in der Bohrung Hartheim B1, LGRB-Nr. Bo 8011/492 (12-16 m u. GOK).
Figure 9.4: Formation de Neuenburg (forage de Hartheim, 12-16 m).



Abbildung 9.5: Nagelfluhbildungen im basalen Bereich der Neuenburg-Formation (Kiesgrube Sattler, Steinstadt, TK 25: 8211, R 33 91 016, H 52 92 338).
Figure 9.5: Conglomérat vers la base de la Formation de Neuenburg (gravière Sattler à Steinstadt).

Im Süden des Bearbeitungsgebietes fehlen hydraulisch wirksame Trennschichten innerhalb der Neuenburg-Formation. Ab Strasbourg/Offenburg, treten einzelne feinklastische Lagen auf (Kap. 10).

In der Neuenburg-Formation ist folgende **laterale Lithofaziesdifferenzierung** ausgebildet (siehe auch Abb. 10.3):

- Am Schwarzwaldrand dominieren Schwarzwaldgerölle die Zusammensetzung der Schotter. In den meist schlecht sortierten Sedimenten ist der Feinanteil

Au Sud de la zone d'étude il n'y a pas dans la Formation de Neuenburg d'intercalations fines suffisamment continues pour faire office de barrière hydraulique. A partir de Strasbourg/Offenburg apparaissent des intercalaires continus (cf. chap. 10)

On observe différents passages latéraux de faciès dans la Formation de Neuenburg (cf. Fig.10.3) :

- En bordure de la Forêt-noire ce sont les galets locaux originaires de ce massif qui dominant dans les alluvions. Dans les sédiments mal classés la fraction fine augmente. La perméabilité de ces formations

erhöht. Die Durchlässigkeit dieser Ablagerungen ist mittel bis hoch und damit geringer als die der westlich anschließenden Bereiche. Im Markgräfler Land ist diese lithologische Ausbildung im Bereich der Staufener Bucht und weiter nach Süden in einem schmalen Streifen entlang der Vorbergzone bis südlich von Buggingen vorhanden (Abb. 9.6, Bohrung Parksiedlung Bad Krozingen). Weiter im Süden fehlt sie. Die jungquartären Flusskiese und -sande in den Schwarzwaldtälern (z.B. Abb. 9.7) können in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein, den Ablagerungsbedingungen und dem Alter der Ablagerungen alle Übergänge zwischen reinen Kiessanden und stark verlehmteten Kiesen aufweisen.

- Nach Westen schließt zur Grabenmitte hin ein Verzahnungsbereich zwischen dem von Schwarzwaldmaterial dominierten und dem von alpinem Material dominierten Bereich an.
- Der von alpinem Material dominierte Bereich in Rheinnähe besteht im Osten aus Kiesen mit einem erhöhten Feinsandanteil und frischen bis z. T. mäßig verwitterten Geröllern. Im Westen bestehen die Schotter der Neuenburg-Formation aus „sauberen“ sandigen Kiese. Als östliche Grenze der „sauberen“ Kiese wurde südlich des Kaiserstuhls die Grenze zwischen Niederterrasse und Tiefgestade angenommen, die in der Hydrogeologischen Karte Bereich Kaiserstuhl - Markgräflerland (HGK, 1977) dargestellt ist. Die Durchlässigkeit der „sauberen“ Kiese ist sehr hoch und liegt über der der östlich anschließenden Kiese.
- Vers l'Ouest en direction du milieu du Fossé il y a une zone de passage entre les matériaux en provenance majoritaire de Forêt-noire et ceux d'origine alpine.
- Le secteur à proximité du Rhin consiste à l'Est en graviers riches en sables fins et à galets relativement frais ; à l'Ouest les alluvions de la Formation de Neuenburg consistent en graviers sableux "propres". La limite Est de ces graviers propres a été placée au Sud du Kaiserstuhl au niveau de la limite entre la basse terrasse et le lit mineur du Rhin, telle qu'elle est représentée sur la carte hydrogéologique Kaiserstuhl-Markgräflerland (HGK, 1977). La perméabilité des graviers propre est très élevée et supérieure à celles des graviers situés plus à l'Est.

est moyenne à élevée mais néanmoins plus faible que celle des secteurs situés plus à l'Ouest. Cette lithologie peut être suivie au Markgräflerland depuis le golfe de Staufen et plus au Sud sous la forme d'une étroite bande le long du piémont jusqu'au Sud de Buggingen (Fig. 9.6, forage de Bad-Krozingen, cité du Parc). Elle manque plus au Sud. Les sables et graviers fluviatiles du Quaternaire récent des vallées de Forêt-noire (Fig. 9.7) présentent tous les passages entre sables graveleux et graviers argilisés selon l'origine du matériel, les conditions de dépôt et leur âge.

10 m u. GOK



12 m u. GOK

Abbildung 9.6: In der Neuenburg-Formation überwiegen am Grabenrand die Komponenten lokaler Herkunft (hier: Bohrung B27 Parksiedlung Bad Krozingen (LGRB Archiv-Nr. 8012/1270) mit überwiegend Schwarzwaldmaterial).
Figure 9.6: Dans la Formation de Neuenburg les éléments d'origine locale dominent sur la bordure (photo: forage B27 de la Cité du Parc à Bad Krozingen, forage 8012/1270).

0 m u. GOK



5 m u. GOK

Abbildung 9.7: Jungquartäre Flusskiese und -sande (Bohrung LGRB-Nr. 8011/917, 0 – 5 m u. GOK, Klemmbachtal bei Müllheim).
Figure 9.7: Gravieres sableux fluviatiles du Quaternaire récent (Forage 8011/917, 0 à 5 m, vallée du Klemmbach près de Müllheim).

9.3.2 FREIBURGER BUCHT

In der Freiburger Bucht besteht die *Neuenburg-Formation* aus rötlichgrauen bis rötlichen Kiesen mit wechselnden Sand- und geringen Schluffanteilen. Stellenweise sind in die Kiese Steine und Blöcke eingeschaltet. Die Gerölle stammen mit Ausnahme eines schmalen Streifens entlang dem Ostrand des Kaiserstuhls (Ostrheinschotter) ausschließlich aus dem Schwarzwald. Die Größe der Steine nimmt vom Ausgang der Schwarzwaldtäler in westliche und nordwestliche Richtung ab. In-

9.3.2 BASSIN DE FREIBURG

Ici les alluvions de la *Formation de Neuenburg* consistent en des graviers gris rougeâtre à rougeâtres avec des niveaux plus sableux et parfois silteux. On y rencontre localement des galets et des blocs. Les éléments proviennent exclusivement de la Forêt-noire en dehors du chenal est du Rhin le long de la bordure Est du Kaiserstuhl. La taille des blocs diminue en s'éloignant du débouché des vallées vers l'Ouest et le NW. Dans la succession des graviers il existe quelques lentilles de sable

nerhalb der Kiesabfolge sind stellenweise linsenartig sandige Bereiche ausgebildet, die lateral allenfalls nur über kurze Entfernungen korrelierbar sind.

Im Südwesten der Freiburger Bucht (Bereich zwischen Kaiserstuhl und Tuniberg) besteht die Neuenburg-Formation weitgehend aus alpinen sandigen Kiesen. In diesem Bereich erfolgte die Schüttung der Sedimente noch überwiegend aus dem Rheintal. Im oberen Abschnitt der Abfolge gehen die Schotter in die Ablagerungen der nördlich anschließenden Ostrheinrinne über. Nördlich der Riegeler Pforte tritt der Anteil an Schwarzwaldkomponenten an der Zusammensetzung der Niederterrassenschotter wieder zurück.

An der Basis der Neuenburg-Formation wurde in zahlreichen Bohrungen ein so genannter Übergangsbereich („qub“) identifiziert. Dieser Bereich ist im Vergleich zu den Kiesen im Hangenden durch einen erhöhten Schluffanteil und das erste Auftreten randlich zersetzter Kristallingerölle charakterisiert. Zum Liegenden hin nimmt der Zersetzungsgrad zu. Häufig geht damit ein Wechsel von rötlichen in schwach bräunliche Farbtöne einher. Die Sedimente sind zuweilen leicht verbacken. Wegen der nicht immer eindeutigen Unterscheidungsmerkmale ist in den Bohrungen eine Identifikation des Übergangsbereiches häufig nicht möglich. Bohrungen, in denen der Übergangsbereich identifiziert wurde, sind in der Anlage 12 des Berichtes zur Freiburger Bucht (LGRB, 2001) dargestellt. Sie wurden nach der Mächtigkeit des Übergangsbereiches klassifiziert.

Hydraulische Tests im Übergangsbereich sind nicht bekannt. Aufgrund der lithologischen Ausbildung wurde der Übergangsbereich bei der hydrogeologischen Kartierung der Neuenburg-Formation zugeordnet.

Hydraulisch wirksame Trennschichten innerhalb der Neuenburg-Formation und des Übergangsbereiches fehlen.

qu'il n'est guère possible de corréler entre elles.

Dans la partie SW du Bassin de Freiburg (secteur compris entre Kaiserstuhl et Tuniberg) la Formation de Neuenburg est constituée de graviers sableux à éléments de matériaux alpins. Les dépôts y sont donc encore liés à la vallée du Rhin. La partie supérieure de ces graviers passe aux dépôts du chenal Est du Rhin qui les prolonge vers le Nord.

Au Nord du seuil de Riegel les composants locaux diminuent à nouveau dans la composition des alluvions de la basse terrasse.

A la base de la Formation de Neuenburg de nombreux sondages montrent une zone de transition ("qub"). Cette zone est caractérisée par rapport aux graviers sus-jacents par une plus grande proportion de silts et la première apparition de galets de cristallin à surface altérée. Vers le bas cette altération augmente et s'accompagne souvent du passage d'une couleur rougeâtre à une teinte légèrement brunâtre. Les sédiments sont parfois légèrement consolidés. Faute de descriptions nettes cette zone de transition est souvent impossible à identifier dans les coupes de forage. Les forages dans lesquels ce niveau a pu être identifié sont représentés dans l'annexe 12 du rapport sur le Bassin de Freiburg (LGRB, 2001). Ils sont classés suivant la puissance de cette zone de transition.

Il n'existe pas à notre connaissance d'essais de pompage dans cette zone de transition. Elle a été classée du fait de sa lithologie dans l'unité hydrogéologique de la Formation de Neuenburg.

Il n'y a pas d'intercalaires fins hydrauliquement significatifs tant dans la Formation de Neuenburg que dans la zone de transition.

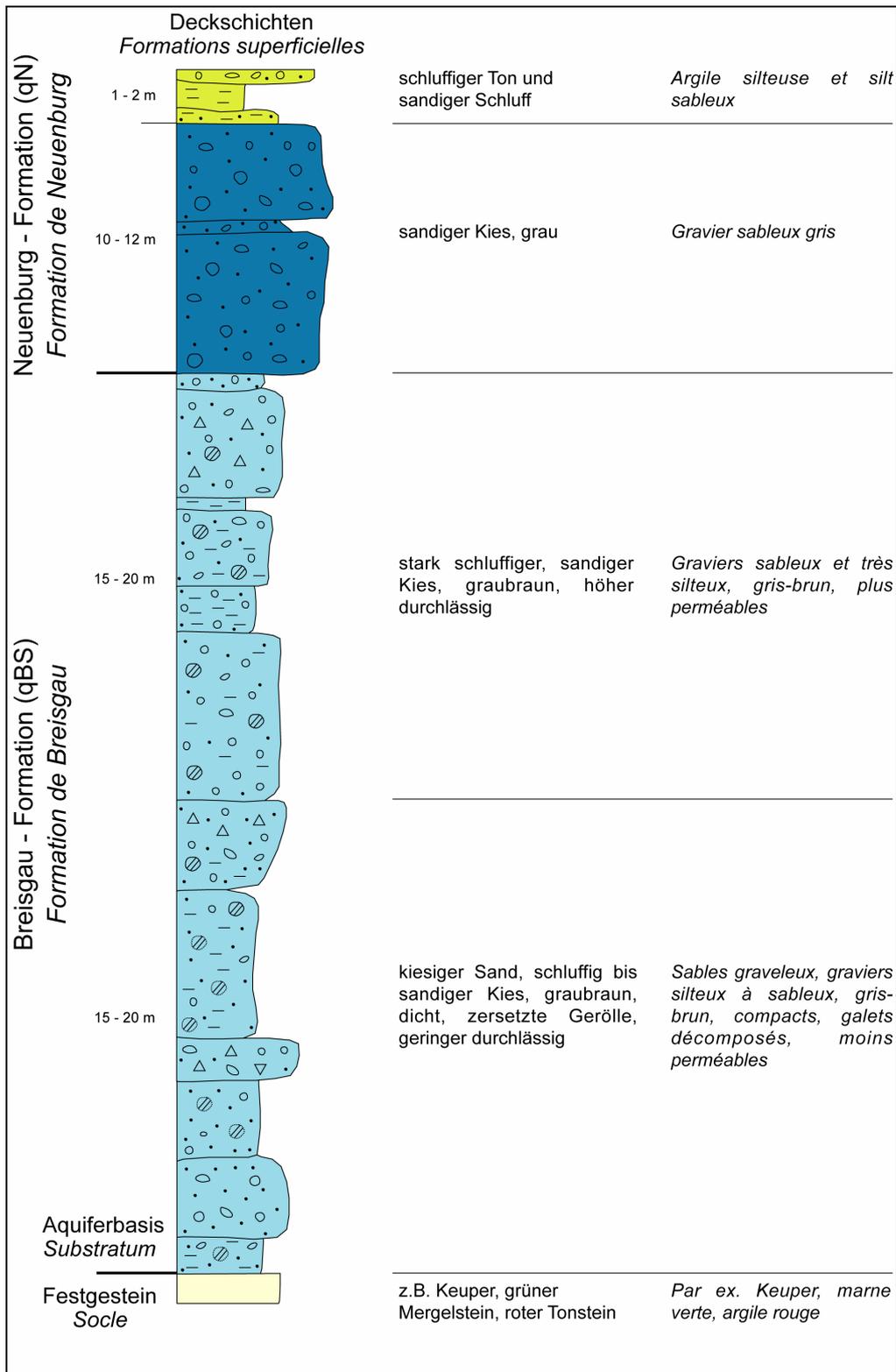


Abbildung 9.8: Schematisiertes Säulenprofil für den zentralen Bereich der Freiburger Bucht.
 Figure 9.8: Coupe type schématique de la zone centrale du Bassin de Freiburg.

9.4 OSTRHEINSCHOTTER (ORS)

Die Ostrheinschotter sind ein laterales Faziesäquivalent zur Neuenburg-Formation in der Freiburger Bucht. Sie wurden in einem Seitenarm des Rheins abgelagert, als dieser im Oberwürm zwischen dem Ostrand des Kaiserstuhls und dem Tuniberg durch die Freiburger Bucht nach Norden floss.

Die Ostrheinschotter bestehen aus meist gut sortierten, grauen, sandigen Kiesen überwiegend alpiner Herkunft mit Steinen von bis zu 20 Zentimeter Durchmesser. Schwarzwaldgerölle treten nur selten auf. Innerhalb der Ablagerung lassen sich mehrere übereinanderliegende Schüttungskörper unterscheiden, die jedoch nicht zwischen den einzelnen Bohrungen korreliert werden können (Abb. 9.9). Zum Kaiserstuhl hin verzahnen sich die Ablagerungen randlich mit Schwemmlöss (Abb. 10.4). An der Ostgrenze der Ostrheinschotter (z.B. im Bereich nördlich von Teningen, LGRB-Nr. 7812/553, 554, 555, 556, 655) verzahnen sich die Sedimente in einem bis zu 1000 m breiten Bereich mit denen der Neuenburg-Formation.

Zwischen dem Tuniberg und dem Kaiserstuhl liegen die Ostrheinschotter gebietsweise direkt auf dem Festgestein (älteres Tertiär) auf, stellenweise werden sie durch eine Schwemmlösslage von diesem getrennt (vgl. Abb. 9.9, Abb. 10.4). Weiter im Norden werden sie von der Neuenburg-Formation oder der Breisgau-Formation unterlagert.

Die Ostrheinschotter liegen im südlichen Abschnitt meist unter einer bis mehrere Meter mächtigen schluffig-tonigen Deckschicht mit organischen Einlagerungen (z.B. Ried bei Wasenweiler/Oberschaffhausen).

9.4 CHENAL EST DU RHIN

Les alluvions du chenal Est du Rhin sont un faciès latéral de la Formation de Neuenburg dans le Bassin de Freiburg. Elles se sont déposées dans un bras latéral du Rhin au moment où ce dernier s'écoulait durant le Würm supérieur entre Kaiserstuhl et Tuniberg le long de la bordure Est du Kaiserstuhl.

Ces alluvions consistent généralement en graviers sableux gris surtout d'origine alpine avec des galets atteignant jusqu'à 20 cm de diamètre. Les galets de la Forêt-noire sont rares. On peut distinguer dans ces alluvions plusieurs corps sédimentaires superposés mais que l'on ne peut corréliser entre les différents forages (Fig. 9.9). Au pied du Kaiserstuhl les dépôts sont intercalés de niveaux de loess remanié par des inondations (Fig. 10.4). A la limite Est de ces alluvions (p.ex. dans le secteur au N de Teningen, forages N° 7812/553, 554, 555, 556 et 655) les sédiments sont intercalés avec ceux de la Formation de Neuenburg dans une zone de passage de près de 1000 m de large.

Entre le Tuniberg et le Kaiserstuhl les alluvions du chenal Est du Rhin reposent directement sur le substratum (Tertiaire ancien), elles sont parfois interrompues par un niveau de loess remanié (Fig. 9.9 et 10.4). Plus au Nord elles reposent sur la Formation de Neuenburg ou sur la Formation de Breisgau.

Au Sud les alluvions du chenal Est du Rhin sont recouverts le plus souvent par une formation superficielle argilo-silteuse d'un à plusieurs quelques mètres d'épaisseur avec des intercalations organiques (Ried de Wasenweiler/Oberschaffhausen).

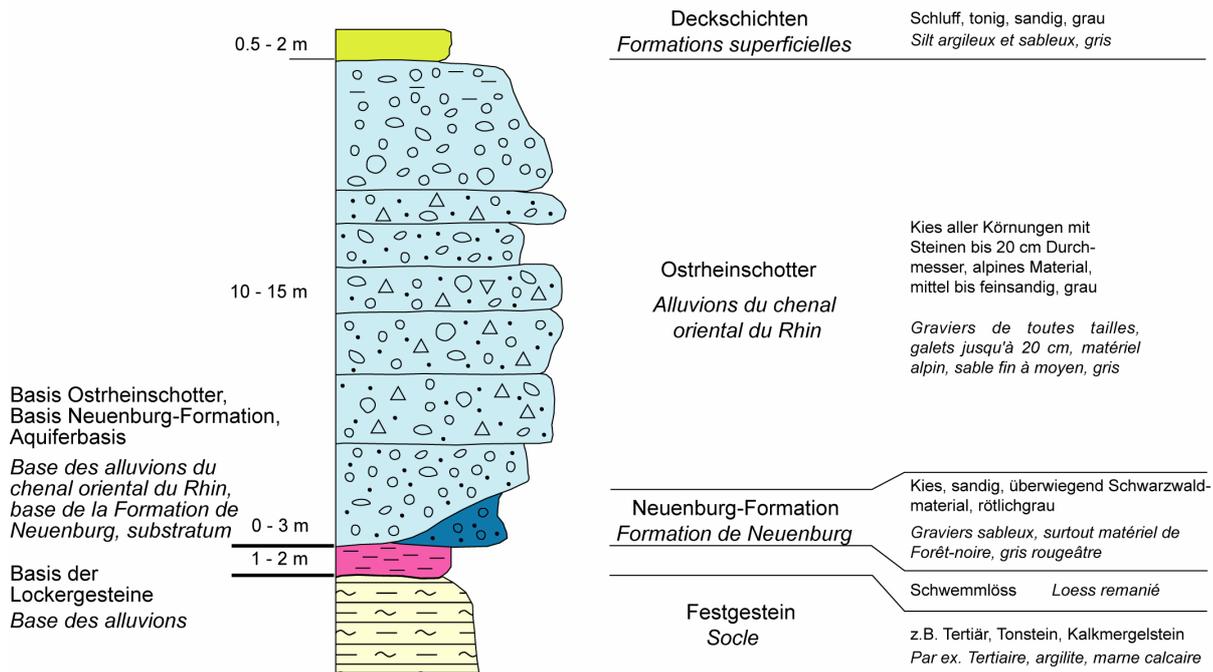


Abbildung 9.9: Schematisiertes Säulenprofil für den westlichen Bereich der Freiburger Bucht (Ostrheinrinne).
 Figure 9.9: Coupe type schématique de la zone centrale du chenal Est du Rhin.

9.5 FEINKLASTISCHE HORIZONTE IM RAUM STRASBOURG – BADEN-BADEN

Nördlich von Neuried treten im Raum Strassbourg-Kehl und weiter bis Baden-Baden in der Neuenburg- und der Breisgau-/Ortenau-Formation feinklastische Einschaltungen auf, die sich über eine größere Entfernung verfolgen lassen und hydraulisch als Trennhorizont wirken.

Diese feinklastischen Horizonte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lithologie deutlich von der darüber bzw. darunter folgenden Einheit. Als feinklastische Horizonte wurden Ton- und Schluffhorizonte sowie Feinsande und Sande kartiert. Die feinklastischen Horizonte wurden entsprechend ihrer Lithologie klassifiziert:

1. Tone oder Schluffe mit Feinsand > 1 m Mächtigkeit oder Feinsand mit wenig Ton und Schluff mit größerer Mächtigkeit (>2 Meter).
2. Feinsand mit geringer Mächtigkeit.
3. Sand aller Körnungen.

9.5 HORIZONS CLASTIQUES FINS DANS LE SECTEUR DE STRASBOURG – BADEN-BADEN

Ce n'est qu'au Nord de Neuried, à partir de la région de Strassbourg-Kehl et jusqu'à Baden-Baden, que l'on rencontre des intercalations clastiques fines d'une certaine continuité latérale dans les formations de Neuenburg et de Breisgau/Ortenau, qui ont un effet de séparation hydraulique.

Ces horizons à grain fin se distinguent bien des unités qui les précèdent ou les suivent. Ils peuvent se présenter sous la forme de niveaux d'argiles et de silts mais aussi de niveaux de sables fins et de sables. La lithologie rencontrée dans les forages a été codifiée de la façon suivante:

- 1 Argiles ou silts avec sable fin > 1m d'épaisseur ou sables fins avec peu d'argile ou de silt > 2 m.
- 2 Sable fin en couche peu épaisse.
- 3 Sables de toute granulométrie.

Folgende Horizonte sind wegen ihrer größeren Les horizons suivants, vu leur extension et leur

räumlichen Ausdehnung in tonig schluffiger Ausbildung auch hydraulisch von Bedeutung:

- der feinklastische Horizont 1 bzw. 2 im Raum Kehl - Strasbourg entspricht dem Kehler Horizont.
- der feinklastische Horizont 1 am Ausgang des Kinzigtales bei Offenburg entspricht dem „Kinzighaupttorfhorizont“ nach Herrgesell (1995).
- der feinklastische Horizont 4 entspricht dem Oberen Zwischenhorizont (OZH) im Norden des Bearbeitungsgebietes und im anschließenden Raum Karlsruhe-Speyer (vgl. Tab. 8.3.1).
- der feinklastische Horizont 5 entspricht dem Zwischenhorizont 3 (ZH3) im Norden des Bearbeitungsgebietes und im anschließenden Raum Karlsruhe/Speyer (vgl. Tab. 8.3.1).

9.6 BREISGAU-FORMATION, ORTENAU-FORMATION (qBS, qO)

Die Kartiereinheit unterhalb der Neuenburg-Formation wird aufgrund ihrer unterschiedlichen lithologischen Ausbildung südlich des Kaiserstuhls und nördlich davon bis in die Gegend von Lahr als Breisgau-Formation, nördlich von Lahr als Ortenau-Formation bezeichnet (Tab. 8.3.1). Wegen der lithologischen Unterschiede, die sich auch deutlich in den hydraulischen Eigenschaften der Einheit auswirken, wird bei der Beschreibung zwischen der Breisgau-Formation im eigentlichen Oberrheingraben und der in der Freiburger Bucht unterschieden.

9.6.1 OBERRHEINGRABEN

Die Breisgau-Formation besteht aus sandig-schluffigem Kies mit unterschiedlich stark zersetzten Komponenten lokaler und alpiner Herkunft. Nach ELLWANGER et al. (2003) wurde das teilweise bereits verwitterte Schwarzwald- und Vogesenmaterial durch Schuttströme in das Grabenge-

contenu en argile, ont un intérêt hydraulique:

- les horizons clastiques fins 1 et 2 dans le secteur Kehl-Strasbourg correspondent à l'Horizon de Kehl.
- l'horizon fin 1 au débouché de la vallée de la Kinzig près d'Offenburg correspond à l'horizon tourbeux principal de la Kinzig" de Herrgesell (1995).
- l'horizon 4 correspond à l'intercalaire supérieur (OZH) dans le Nord du secteur étudié et dans le secteur adjacent de Karlsruhe-Speyer (cf. tableau 8.3.1).
- l'horizon 5 correspond à l'intercalaire 3 (ZH3) dans le Nord du secteur étudié et dans le secteur adjacent de Karlsruhe-Speyer (cf. tableau 8.3.1).

9.6 FORMATION DE BREISGAU, FORMATION D'ORTENAU (qBs, qO)

L'unité cartographique située en dessous de la Formation de Neuenburg, en raison d'une lithologie différente, est appelée Formation de Breisgau au Sud du Kaiserstuhl et au Nord jusqu'à Lahr, puis Formation d'Ortenau au Nord de Lahr (tableau 8.3.1).

A l'intérieur de la Formation de Breisgau on distinguera la zone du Fossé rhénan et la zone du Bassin de Freiburg dont les différences lithologiques entraînent également des propriétés hydrauliques différentes de cette formation.

9.6.1 FOSSÉ RHÉNAN SUPÉRIEUR

La Formation de Breisgau consiste en graviers sableux – silteux avec des éléments plus ou moins altérés d'origine alpine et locale. D'après ELLWANGER et al. (2003) les matériaux déjà altérés de la Forêt-noire et des Vosges ont été acheminés vers le Fossé par des coulées de boue ou des laves

biet verlagert und dort anschließend mehrfach umgelagert.

Aufgrund der lithologischen Ausbildung, einer bereichsweise vorhandenen Groblage [ELLWANGER et al. 2003] und von Unterschieden im Schwermineralspektrum [HAGEDORN 2004] lässt sich die Breisgau-Formation stellenweise in die Oberen und Unteren Breisgau-Schichten unterteilen. Dies ist insbesondere bei solchen Bohrungen möglich, die als Materialbohrung abgeteuft und detailliert beschrieben wurden. Viele ältere Bohrungen sind jedoch nicht ausreichend dokumentiert, so dass die Belegpunktdichte zu gering ist, um die Grenzfläche zwischen den Oberen und den Unteren Breisgau-Schichten als Isolinienplan im Kartiermaßstab 1 : 50 000 darzustellen. Eine Darstellung der Grenzfläche im Maßstab 1 : 200 000 ist derzeit in Bearbeitung (Ellwanger et al., in Bearbeitung).

Die Breisgau-Formation ist in der Hydrogeologischen Karte Bereich Kaiserstuhl - Markgräflerland (HGK, 1977) als „Festgelagerte Kiese und Schotter mit größeren Schluffanteilen“ beschrieben. Im Markgräflerland sind im Bereich der Vorbergzone in den Geologischen Karten „Altpleistozäne Schotter“ (bzw. „Ältere Schotter“, GROSCHOPF et al. 1996) kartiert. Diese Schotter gleichen in ihrer lithologischen Ausbildung denen der Breisgau-Formation und wurden deshalb dieser hydrogeologischen Einheit zugeordnet. Ob es sich dabei tatsächlich um zeitgleich abgelagerte Einheiten handelt, ist unklar.

Die **Oberen Breisgau-Schichten** bestehen aus grauen bis braungrauen sandigen und bereichsweise schluffigen Kiesen, in denen Gerölle aus den Alpen überwiegen (Abb. 9.10). Das Lokalmaterial aus dem Schwarzwald und den Vogesen ist weniger häufig und weniger stark zersetzt, die Komponenten sind gröber und die diamiktischen Kiese sind weniger dicht gelagert als in den Unteren Breisgau-Schichten. Die Basis der Oberen Breisgau-Schichten ist häufig durch eine Groblage aus alpinen Geröllen gekennzeichnet.

Typisch für die sandigen, bereichsweise schluffi-

torrentiellen ("*debris flow*") puis remaniés plusieurs fois dans les dépôts fluviaux.

La Formation de Breisgau peut parfois être subdivisée en *Couches supérieures et couches inférieures* grâce la présence de niveaux grossiers [ELLWANGER et al. 2003] et à des différences dans les spectres de minéraux lourds [HAGEDORN 2004]. Cette distinction est surtout possible lorsque les forages ont été réalisés par des méthodes non destructives donnant des échantillons intacts et que ces derniers ont été décrits en détail. Les levés de beaucoup de forages anciens ne sont pas assez précis pour cela, ce qui fait que le nombre d'observations est trop réduit pour permettre la cartographie de l'interface entre les deux strates en isobathes à l'échelle de 1/50 000. Une cartographie de cette surface est actuellement en cours à l'échelle de 1/200 000 par Ellwanger.

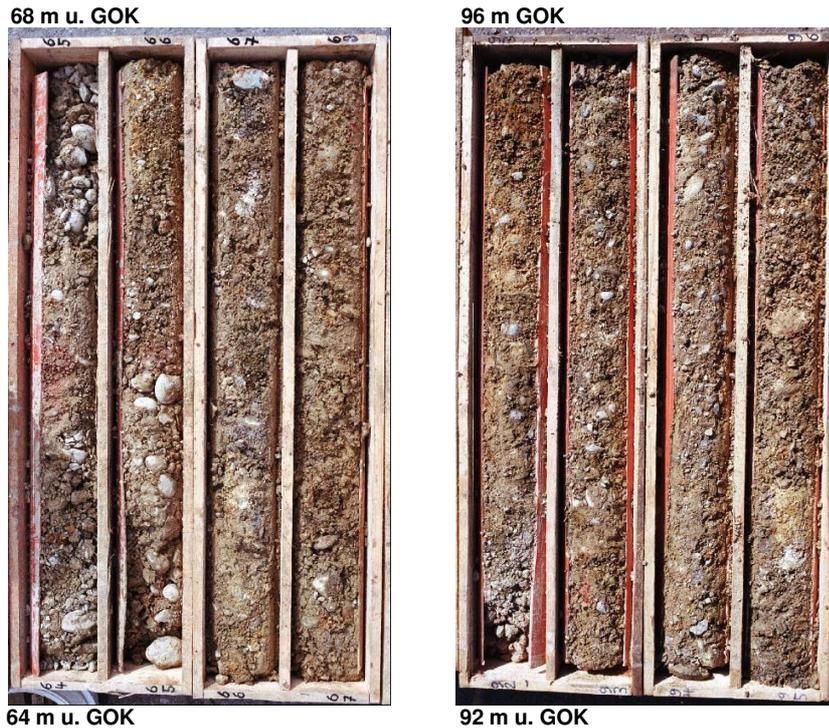
La Formation de Breisgau est décrite par la carte hydrogéologique Kaiserstuhl - Markgräflerland (HGK, 1977) comme une "couche consolidée d'alluvions à forte proportion de silts". Au Markgräflerland ont été cartographiés dans la zone du piémont des "Alluvions du Pléistocène ancien" (ou "alluvions anciennes" de GROSCHOPF et al., 1996). Comme elles ressemblent lithologiquement à celles de la Formation de Breisgau, ces alluvions ont été intégrées à cette unité hydrogéologique. On ne peut cependant dire pour l'instant si ces dépôts sont effectivement synchrones.

Les **couches supérieures de la B.F.** sont composées de graviers sableux et parfois silteux gris à gris brun, dans lesquels les galets d'origine alpine dominant (Fig. 9.10). Par rapport aux couches inférieures, les matériaux locaux originaires de Forêt-noire et des Vosges sont moins abondants et moins altérés, les éléments sont plus grossiers et les niveaux de graviers diamictiques (*debris flow*) sont moins compactés. La base des couches supérieures est en général marquée par un niveau de galets alpins grossiers.

Les *couches inférieures de la Formation de Breis-*

gen Kiese der *Unteren Breisgau-Schichten* sind ihre rötlich-braune Farbe und höhere Schluffanteile (Abb. 9.10). Die Gneis- und Granitgerölle sind meist stark bis sehr stark verwittert („faule Gerölle“). Die Granite zerfallen dabei zu einem stark schluffigen, scharfkantigen Mittel- bis Grobsand, die Gneise bei völliger Zersetzung zu einem tonigen Schluff. Die zersetzten Komponenten haben grünliche, rötliche, bräunliche oder fahlgraue Farben. Die Unteren Breisgau-Schichten sind meist dicht gelagert und häufig verbacken.

gau sont caractérisées par des sables et des graviers de couleur brun rougeâtre avec une importante proportion de silts (Fig.9.10). Les galets de gneiss et de granite sont en général très altérés ("galets pourris"). Les granites sont décomposés en une arène grossière de sables silteux moyens à grossiers, les gneiss totalement altérés donnent un silt argileux. Ces éléments altérés ont des couleurs verdâtres, rougeâtres, brunâtres ou gris pâle. Les couches inférieures sont très compactées et souvent consolidées.



Obere Breisgau-Schichten (64 - 68 m u. GOK)
Couches de Breisgau supérieures (prof. 64-68 m)

Untere Breisgau-Schichten (92-96 m u. GOK)
Couches de Breisgau inférieures (prof. 92-96

Abbildung 9.10: Breisgau-Formation in der Bohrung Hartheim B1, LGRB-Nr. Bo 8011/482.
 Figure 9.10: Formation de Breisgau dans le forage de Hartheim (8011/482).



20 m u. GOK



Abbildung 9.11: Die Breisgau-Formation in der Randfazies besteht ausschließlich aus meist stark verwittertem Lokalmaterial (hier Schwarzwaldmaterial, Bohrung B27, Parksiedlung Bad Krozingen, 18,0 – 20,0 m u. GOK, bzw. Detailansicht LGRB-Nr. Bo 8012/1270).

Figure 9.11: La Formation de Breisgau, dans ses faciès de bordure, est constituée exclusivement de matériel local (ici matériel de la Forêt-noire, forage B27, Cité du Parc à Bad Krozingen, 18 à 20 m et détail).

In der Breisgau-Formation ist eine laterale Faziesdifferenzierung ausgebildet (s. auch Abb. 10.3):

- Im Osten und Westen besteht die Breisgau-Formation überwiegend aus stark zersetzten Geröllen aus Schwarzwald-/Vogesenmaterial mit z. T. hohen Feinanteilen. Die Durchlässigkeit dieser Ablagerungen, die auch im basalen Teil der Schwarzwaldtäler verbreitet sind, ist mäßig bis gering (Abb. 9.11).
- In Rheinnähe besteht die Breisgau-Formation überwiegend aus alpinen Geröllen mit wenig Schwarzwaldmaterial. In die festgelagerten Kiese mit mittlerer Durchlässigkeit sind bereichsweise weniger dicht gelagerte Abschnitte mit höherer Durchlässigkeit eingeschaltet.
- Zwischen den Bereichen mit überwiegend alpinen Komponenten im zentralen Grabenbereich und denen mit überwiegend Schwarzwald-/Vogesenmaterial liegt ein Übergangsbereich mit mäßigen Durchlässigkeiten.

Der Anteil der zersetzten Gerölle sowie der Schluffanteil nehmen in der Breisgau-Formation nördlich des Kaiserstuhls vom Kaiserstuhland und der Riegeler Pforte aus nach Norden hin stark ab. Etwa auf der Höhe von Lahr fehlen die zersetzten Schwarzwald- und Vogesengerölle nahezu vollständig (Ortenau-Formation). Eine Unterscheidung zwischen der Neuenburg-Formation und der darunter folgenden Breisgau-Formation ist nördlich davon nur noch in gut dokumentierten Bohrungen möglich. In den hydrogeologischen Längsprofilen (z.B. Längsprofil entlang des Rheins, Anlage und Abb. 10.2) ist dieser lithologische Wechsel innerhalb der Breisgau-Formation angedeutet.

In Spülbohrungen, in denen bohrtechnisch bedingt

La Formation de Breisgau montre des variations latérales de faciès (cf. Fig. 10.3) :

- A l'E et à l'W la Formation de Breisgau est faite essentiellement de galets altérés de matériel des Vosges ou de Forêt-noire avec une fraction fine non négligeable. La perméabilité de ces dépôts qui sont aussi répandus dans la partie basale des alluvions des vallées de la Forêt-noire est moyenne à faible (Fig. 9.11).
- A proximité du Rhin la Formation de Breisgau est surtout composée de galets alpins avec une faible participation de matériel de Forêt-noire. Des niveaux de graviers à plus grande perméabilité sont intercalés dans les matériaux consolidés à plus faible perméabilité.
- Entre les faciès à matériel alpin du milieu du Fossé et les faciès de bordure à matériaux locaux des bordures, on trouve des deux côtés du Rhin une zone de passage où les matériaux sont mélangés et où la perméabilité est moyenne.

Au Nord du Kaiserstuhl, la proportion de galets altérés et de silts diminue sensiblement dans la Formation de Breisgau en allant vers le Nord depuis la bordure du Kaiserstuhl et le seuil de Riegel. Les galets altérés locaux manquent complètement à partir de Lahr environ (Formation d'Ortenau). Plus au Nord on ne peut plus déceler de différence entre la Formation de Neuenburg et la Formation de Breisgau sous-jacente, sauf dans de rares forages étudiés très en détail. Ce changement lithologique dans la Formation de Breisgau est indiqué dans les profils hydrogéologiques (p.ex. profil en long du Rhin, annexe et Fig. 10.2).

Dans les forages destructifs la différence entre

der lithologische Wechsel zwischen der Neuenburg-Formation und der Breisgau-Formation generell nicht eindeutig zu erkennen ist, wurde als Kriterium für die Grenzziehung der Farbumschlag von grauen Farbtönen im Hangenden zu rötlich-braunen Farbtönen im Liegenden herangezogen.

9.6.2 FREIBURGER BUCHT, SCHWARZWALD- UND VOGESENTÄLER

In der Lockergesteinsfüllung der Freiburger Bucht und in den Schwarzwald- und Vogesentälern fehlen die alpinen Komponenten in der Breisgau-Formation.

Die Breisgau-Formation besteht dort aus dicht bis sehr dicht gelagerten, sandig-schluffigen Kiesen, in die stellenweise geringmächtige Schlufflinsen eingelagert sind. Die Gerölle sind im oberen Abschnitt der Abfolge gebietsweise nur mäßig alteriert. Sie erreichen in den Tälern Blockgröße (>50 cm). Mit zunehmender Entfernung vom Schwarzwald nimmt ihre Größe in den Schwemmkegeln (z. B. der Dreisam) ab. Im tieferen Abschnitt sind die Gerölle überwiegend stark bis sehr stark zersetzt. Sie zerfallen dann zu Mittel- bis Grobsand mit wechselndem Schluffanteil. Allgemein nehmen der Zersetzungsgrad und die Lagerungsdichte mit der Tiefe zu. Stellenweise treten innerhalb des tieferen Abschnittes bis zu 2 Meter mächtige Einschaltungen mit einem erhöhten Anteil frischerer Komponenten auf. Insgesamt ist in der Freiburger Bucht und den Schwarzwald- und Vogesentälern die Lagerungsdichte der Breisgau-Formation wesentlich höher und der Zersetzungsgrad der Sedimente wesentlich stärker als im restlichen Gebiet des Oberrheingrabens. Dies ist vorwiegend darauf zurückzuführen, dass die Breisgau-Formation im Oberrheingraben immer einen deutlichen Anteil alpiner Gerölle führen, die nicht oder nur schwach zersetzt sind.

Formation de Neuenburg et Formation de Breisgau n'est guère décelable en raison de la méthode de foration. On prend comme critère de passage d'une formation à l'autre le changement de couleur de gris à brun rougeâtre.

9.6.2 BASSIN DE FREIBURG, VALLÉES DU SCHWARZWALD ET DES VOSGES

Dans le remplissage alluvionnaire du Bassin de Freiburg il n'y aucun matériel d'origine alpine dans la Formation de Breisgau, de même que celui des vallées des massifs des Vosges ou de la Forêt-noire.

La Formation de Breisgau est faite de graviers sableux à silteux fortement à très fortement compactés, avec localement des lentilles de silts. Les galets de la partie supérieure de la série sont moyennement altérés. Dans les vallées ils atteignent la taille de blocs >50 cm. Ils diminuent de taille en s'éloignant de la Forêt-noire dans les cônes de déjection comme celui de la Dreisam. Dans la partie inférieure les galets sont en général très décomposés en sables grossiers à moyens avec une proportion variable de silt. Dans l'ensemble l'altération et la compaction augmentent avec la profondeur. Localement apparaissent dans la partie basale des intercalations de 2 m de puissance de gravier plus frais. La compaction des dépôts de la Formation de Breisgau et le degré d'altération des éléments sont dans l'ensemble plus élevés dans le Bassin de Freiburg et les vallées du Schwarzwald et des Vosges que dans le reste du secteur méridional du Fossé Rhénan supérieur. La raison en est que la Formation de Breisgau contient généralement une proportion importante de galets d'origine alpine, qui sont relativement peu altérés.

Die Breisgau-Formation ist in der Hydrogeologischen Karte Freiburger Bucht (HGK, 1979) als „schluffige und sandige zersetzte Schwarzwaldschotter“ beschrieben.

Aufgrund der lithologischen Ausbildung lassen sich innerhalb der Breisgau-Formation Abschnitte höherer Durchlässigkeiten unterscheiden. Dies zeigt sich z.B. in der Bohrung LGRB Archiv-Nr. 7912/318 (Abb. 9.12), in der die oberen ca. 16 Meter der insgesamt ca. 40 Meter mächtigen Abfolge deutlich weniger zersetzte Gerölle und Schluff führen als die darunter folgenden Schichten.

La Formation de Breisgau est décrite par la carte hydrogéologique "Bassin de Freiburg" (HGK, 1979) comme alluvions de la Forêt-noire silteuses et sableuses décomposées.

On peut distinguer dans la Formation de Breisgau des passages de perméabilité plus élevée du fait de leur lithologie. Ceci s'observe en particulier dans le forage 7912/318 (Fig. 9.12), où les 16 premiers mètres sur les 40 m de la séquence contiennent nettement moins de galets décomposés et de silts que les niveaux plus profonds.

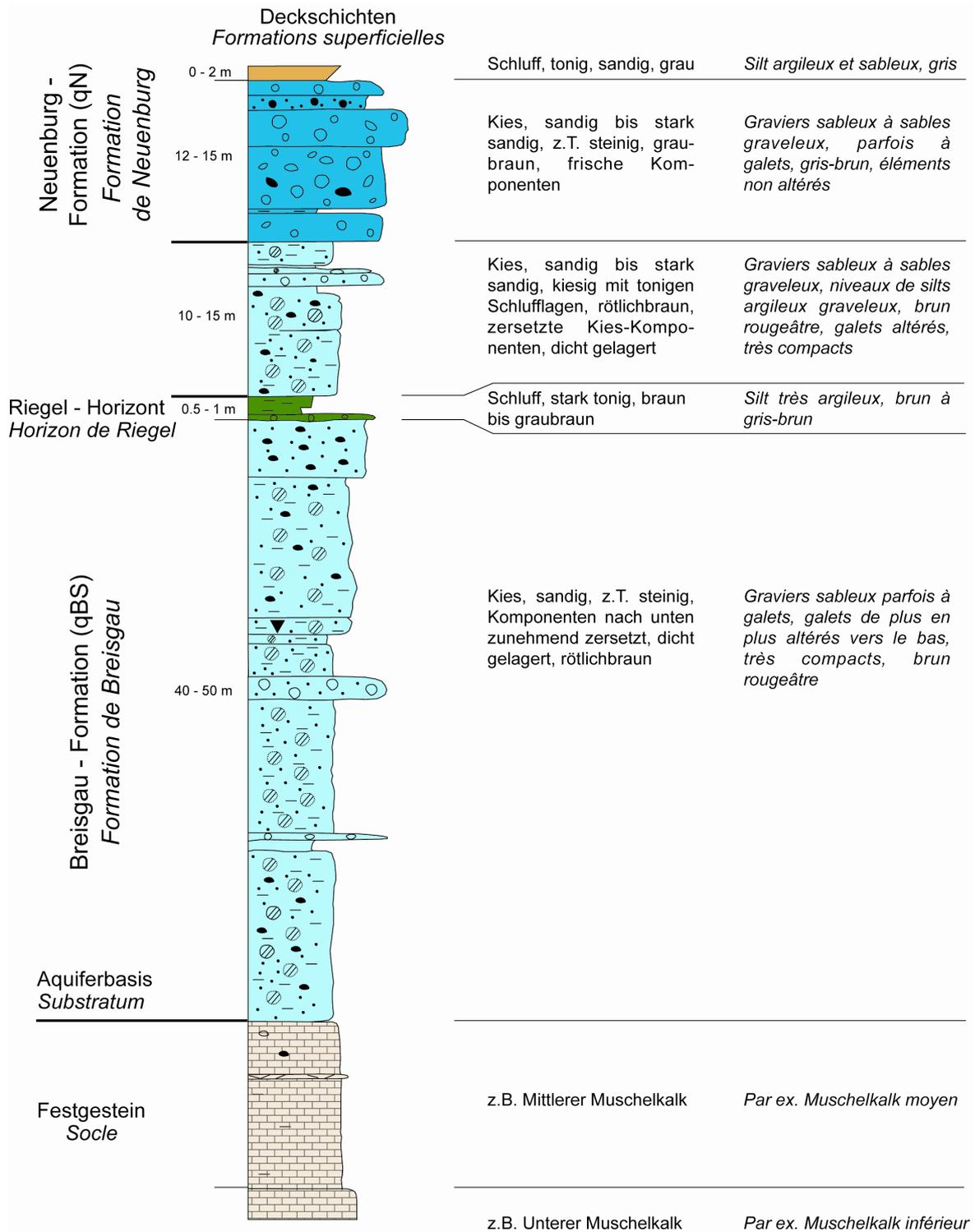


Abbildung 9.12: Schematisiertes Säulenprofil für den nördlichen Bereich der Freiburger Bucht.
Figure 9.12: Coupe typique schématique pour le secteur nord du Bassin de Freiburg.

Auch im tieferen Bereich der Breisgau-Formation treten insbesondere im Raum Teningen - Nimburg Abschnitte mit weniger zersetzten und verschlufften Kiesen auf.

Diese lithofazielle Ausbildung der Breisgau-Formation ist auf einige lokale Vorkommen beschränkt und dürfte auf rinnenartige Bereiche höherer Strömungsenergie während der Ablagerung oder intensiver anschließender Aufarbeitung zurückzuführen sein [HGK 1979]. Dies erklärt die nur lokal erhöhten Durchlässigkeiten im basalen Abschnitt der Breisgau-Formation. Aus einem solchen Bereich gewinnt z.B. die Gemeinde Teningen südöstlich von Nimburg mit dem Brunnen Bannlache (LGRB-Archiv-Nr. 7812/173) ihr Trinkwasser.

Les niveaux profonds de la Formation de Breisgau peuvent aussi être constitués de graviers moins décomposés et moins silteux, notamment dans le secteur de Teningen-Nimburg.

Ce faciès moins altéré de la Formation de Breisgau est limité à quelques occurrences locales. On peut l'interpréter comme un faciès de chenal avec des dépôts de plus haute énergie ou de remaniement plus important [HGK 1979]. Ceci expliquerait ces augmentations locales de perméabilité dans la partie basale de la Formation de Breisgau. C'est dans un tel faciès que la commune de Teningen au SE de Nimburg tire son eau potable avec la puits Bannlache (référence LGRB 7812/173).

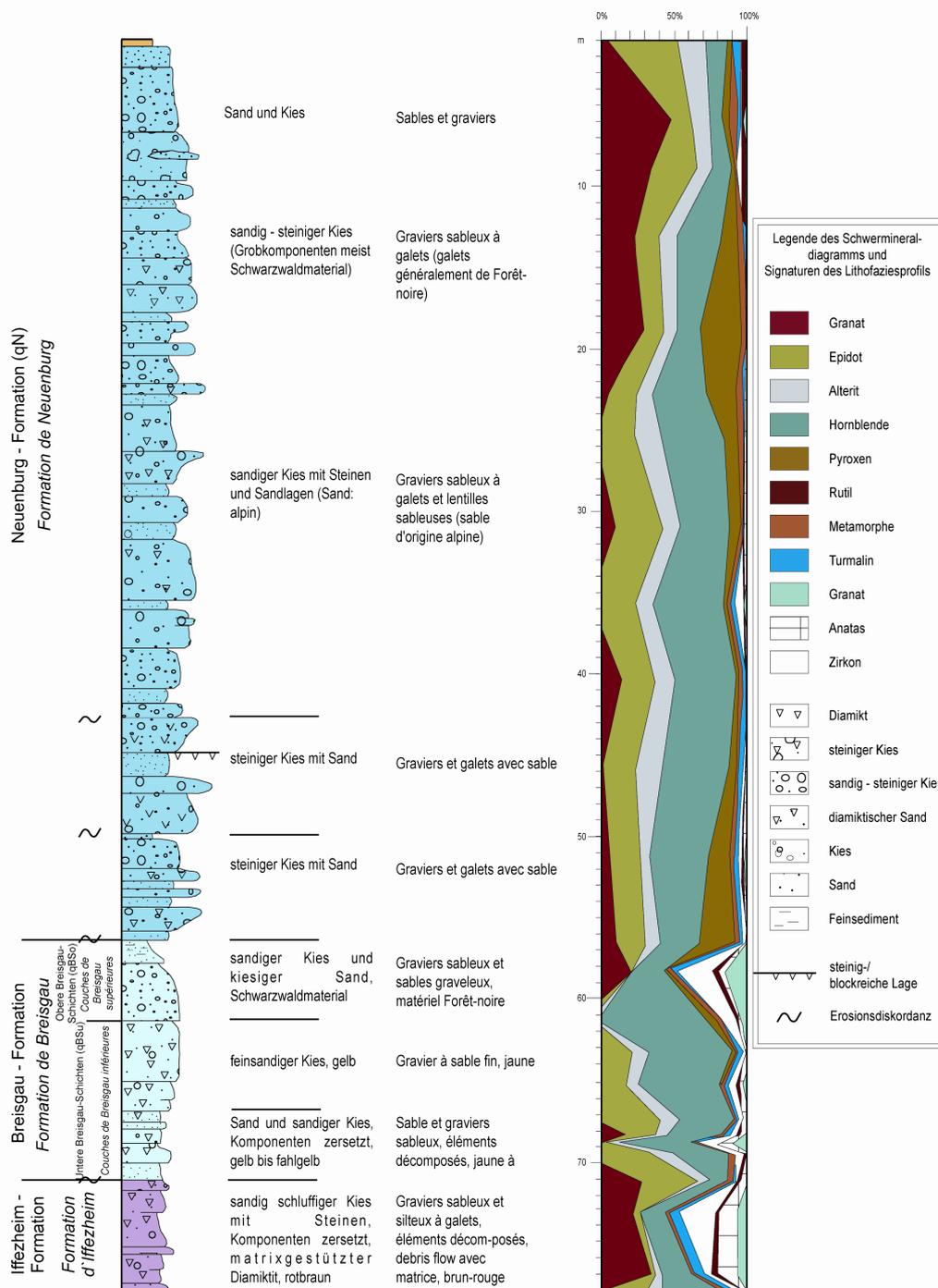


Abbildung 9.13: Lithofaziesprofil (Beschreibung nach HAGEDORN, 2004, vereinfacht) und Schwermineraldiagramm der Bohrung Vogel Bau (LGRB-Nr. 7812/950, nach Hagedorn, 2004).

Figure 9.13: Profil lithologique simplifié et diagramme de minéraux lourds du forage Vogel Bau (d'après Hagedorn, 2004).

9.7 RIEGEL-HORIZONT (qRH)

Der Riegel-Horizont (HGK, 1979) ist ein feinklastischer Horizont im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation (Abb. 9.12). Er tritt in der Freiburger Bucht auf. Aufgrund von Pollenbefunden wird der Riegel-Horizont als „cromerartiges“ Vorkommen eingestuft [ELLWANGER et al. 2003]. Er ist meist als schwach feinsandiger schluffiger Ton bzw. toniger Schluff ausgebildet. Vereinzelt treten (bohrtechnisch bedingt?, Nachfall?) geringe Kiesbeimengungen auf. In seiner typischen Ausbildung hat er aufgrund eines deutlichen Gehaltes an organischen Bestandteilen eine dunkelgraue bis schwarze Farbe (Bereich Riegel bis nördlich Teningen), ansonsten ist er bräunlich bis gelblich. In Bereichen größerer Mächtigkeit wirkt der Riegel-Horizont hydraulisch als Trennhorizont.

9.7 HORIZON DE RIEGEL (qRH)

L'horizon de Riegel (HGK, 1979) est un sédiment clastique fin intercalé dans la partie supérieure de la Formation de Breisgau (Fig.9.12). Il est présent dans le Bassin de Freiburg. Grâce à des déterminations palynologiques il a été attribué à un événement de type "cromérien" [ELLWANGER et al. 2003]. Il est formé d'argile silteuse faiblement sableuse et de silt argileux. Localement apparaissent quelques graviers (peut-être des retombées dues à la technique de forage). Sa couleur habituelle gris foncé à noire (secteurs Riegel et N de Teningen) est due à des composants organiques tandis qu'ailleurs elle est brunâtre à jaunâtre. Lorsque les alluvions sont puissantes, l'horizon de Riegel entraîne un fonctionnement multicouche.

9.8 FEINSEDIMENTE DER MENGENER BRÜCKE

9.8 SEDIMENTS FINS DU SEUIL DE MENGEN



Abbildung 9.14: Die Feinsedimente der Mengener Brücke bestehen überwiegend aus Lösssedimenten (Weganschnitt im Bereich der Autobahnraststätte Breisgau, TK 25: 8012, r 34 04 809, h 53 15 638).
Figure 9.14: Les sédiments fins du Seuil de Mengen sont constitués essentiellement de loess (bord de chemin près de la station autoroutière de Breisgau)

Die „Feinsedimente der Mengener Brücke“ bestehen überwiegend aus gelblichen bis gelblichbraunen z. T. feinsandigen Schluffen bzw. tonigen Schluffen, in die geringmächtige Feinsand- bzw. Kieslagen eingeschaltet sein können. Es handelt sich vermutlich überwiegend um Lössablagerungen (Abb. 9.14).

9.9 IFFEZHEIM-FORMATION/FLUVIATILES JUNGTERTIÄR

Die Aquiferbasis wird im Untersuchungsgebiet meist von der Oberfläche der Iffezheim-Formation (frühere Bezeichnung: Pliozän bzw. Pliocène final) bzw. insbesondere im Süden des Bearbeitungsgebietes von bereichsweise aufgewittertem, älterem Tertiär gebildet (im Kalibecken als „Übergangszone“ bezeichnet).

Die Iffezheim-Formation besteht südlich des Kaiserstuhls aus stark schluffig-tonigen, z.T. schwach kiesigen Sanden bzw. Schluffen (Abb. 9.13, 9.15, 9.16). Sie enthält ausschließlich Lokalmaterial. Die überwiegend sehr dicht gelagerten kalkfreien Sedimente sind rötlich bis beige bzw. durch Vergleyung grünlichgrau gefärbt. In der Bohrung Nambenheim (LGRB Nr. 8011/494) treten im unteren Abschnitt graue und grauviolette Diamikte mit völlig zersetzten Kristallingeröllen auf (INTERREG II, 2002). Das kaolinisierte Grundgebirgsmaterial besteht aus Granat, Gneis und Porphy. Daneben finden sich Milch- und Gangquarze, gebleichter bis leicht rötlicher Buntsandstein, blauer Kieselschiefer, Karneol und Quarzit [HAGEDORN 2004].

Ces sédiments fins se composent essentiellement de silts sableux fins et de silts argileux jaunâtres à brun jaunâtre, dans lesquelles peuvent être intercalées des couches peu épaisses de graviers ou de sable fin. Sans doute s'agit-il essentiellement de dépôts d'origine loessique (Fig. 9.14).

9.9 FORMATION D'IFFEZHEIM /TERTIAIRE RECENT FLUVIATILE

La base de l'aquifère dans le domaine étudié est généralement constituée par le toit de la Formation d'Iffezheim (autrefois qualifiée de Pliocène ou de Pliocène final), et dans la partie la plus au Sud surtout par le toit du Tertiaire ancien plus ou moins altéré (souvent baptisé "zone de transition" dans le Bassin potassique).

La Formation d'Iffezheim. est constituée au Sud du Kaiserstuhl de silts et de sables très silto argileux, parfois un peu graveleux (Fig. 9.13, 9.15 et 9.16) et contient exclusivement du matériel d'origine locale. Les sédiments très compactés et non calcareux sont rougeâtres à beige voire colorés en gris-vert par des phénomènes d'hydromorphie (gley). Dans le forage Nambenheim (LGRB Nr.8011/494) apparaissent dans la partie basale des niveaux de *debris flow* de couleur grise violacée à galets cristallins totalement altérés (INTERREG II, 2002). Le matériel de socle kaolinisé contient du grenat, du gneiss et des roches porphyriques. On reconnaît en outre des quartz filoniens ou laiteux, du grès du Buntsandstein blanchi à rosâtre, du schiste siliceux bleuté, de la cornaline cargneules et des quartzites [Hagedorn 2004].

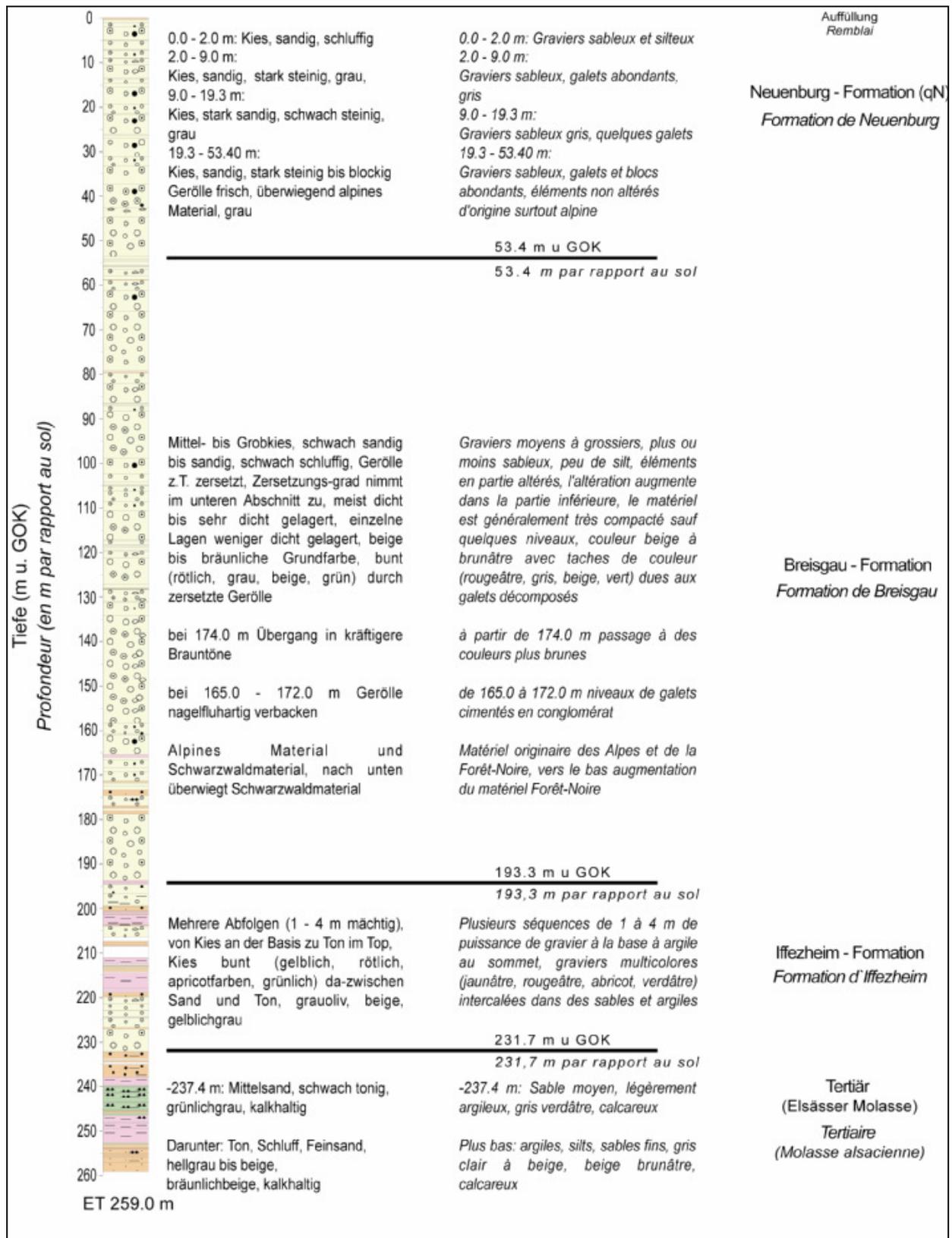


Abbildung 9.15: Lithofaziesprofil der Bohrung Namsheim (LGRB-Nr. 8012/482, aus INTERREG II, 2002).
Figure 9.15: Profil lithologique du forage Namsheim (d'après INTERREG II, 2002).

Die Abfolge besteht aus mehreren gradierten Sedimentationszyklen. Sie beginnen jeweils mit diamiktischen, zersetzten Kiesen und rötlichen bis weißen Sanden an der Basis und gehen nach oben in meist rotbraune tonige, humose Feinsedimente über (Abb. 9.16).

Die Iffezheim-Formation ist in der Hydrogeologischen Karte Bereich Kaiserstuhl - Markgräflerland (HGK, 1977) als „Schluff mit eingelagerten Kies- und Sandkomponenten“ beschrieben.

La série comporte plusieurs cycles sédimentaires superposés. Ils commencent toujours par des graviers diamictiques (debris flow), des graviers altérés et des sables blancs rosâtres qui sont suivi par des sédiments fins humiques argileux généralement brun rouge (Fig. 9.16).

La Formation d'Iffezheim est mentionnée sur la carte hydrogéologique du secteur Kaiserstuhl/Markgräflerland (HGK, 1977) comme "Silts à intercalations de graviers et de sables".

208 m u. GOK



212 m u. GOK

Abbildung 9.16: Iffezheim-Formation (Bohrung Nambenheim, LGRB-Nr. 8012/ 494, 208 – 212 m u. GOK).
Figure 9.16: Formation d'Iffezheim (forage Nambenheim, LGRB-Nr. 8012/ 494, 208 – 212 m u. GOK)..

Nördlich des Kaiserstuhls wurde die Iffezheim-Formation in typischer Ausbildung in der Bohrung Iffezheim (R 3437950, H 5408850) angetroffen (Abb. 9.17). In die vorwiegend hell gefärbten glimmerhaltigen Sande („weißes Pliozän“) sind Fein- bis Mittelkiese sowie weißgraue und grünlichgraue Schluff- und Tonbänke mit Torf- und Holzresten eingelagert [STOBER et al. 2002, HAGEDORN 2004]. Der Übergang von der Iffezheim-Formation in die überlagernde Breisgau-Formation ist durch einen markanten Wechsel in der Schwermineralvergesellschaftung gekennzeichnet. In der Iffezheim-Formation überwiegen die stabilen Schwerminerale Turmalin und Zirkon, untergeord-

Au Nord du Kaiserstuhl on observe une Formation d'Iffezheim typique dans le forage Iffezheim (R 3437950, H 5408850) (Fig. 9.17). Dans les sables micacés de couleur claire ("Pliocène blanc") se trouvent des graviers fins à moyens ainsi que des bancs de silts et d'argiles blanchâtres à gris-verdâtre contenant de la tourbe et des restes ligneux [STOBER et al. 2002, HAGEDORN 2004]. Le passage de la Formation d'Iffezheim à la Formation de Breisgau qui lui est superposée est marqué par un changement notable de la composition en minéraux lourds ; dans la Formation d'Iffezheim dominant les minéraux lourds stables tels la tourmaline et le zircon avec rutile et anatase subordonnés ; dans la

net kommen Rutil und Anatas vor. In der darüber liegenden Breisgau-Formation überwiegen die instabilen Schwerminerale Granat, Epidot, Alterit und Hornblende [HAGEDORFN 2004].

Formation de Breisgau. dominant les grenats, l'épidote, des altérites et la hornblende [HAGEDORFN 2004].

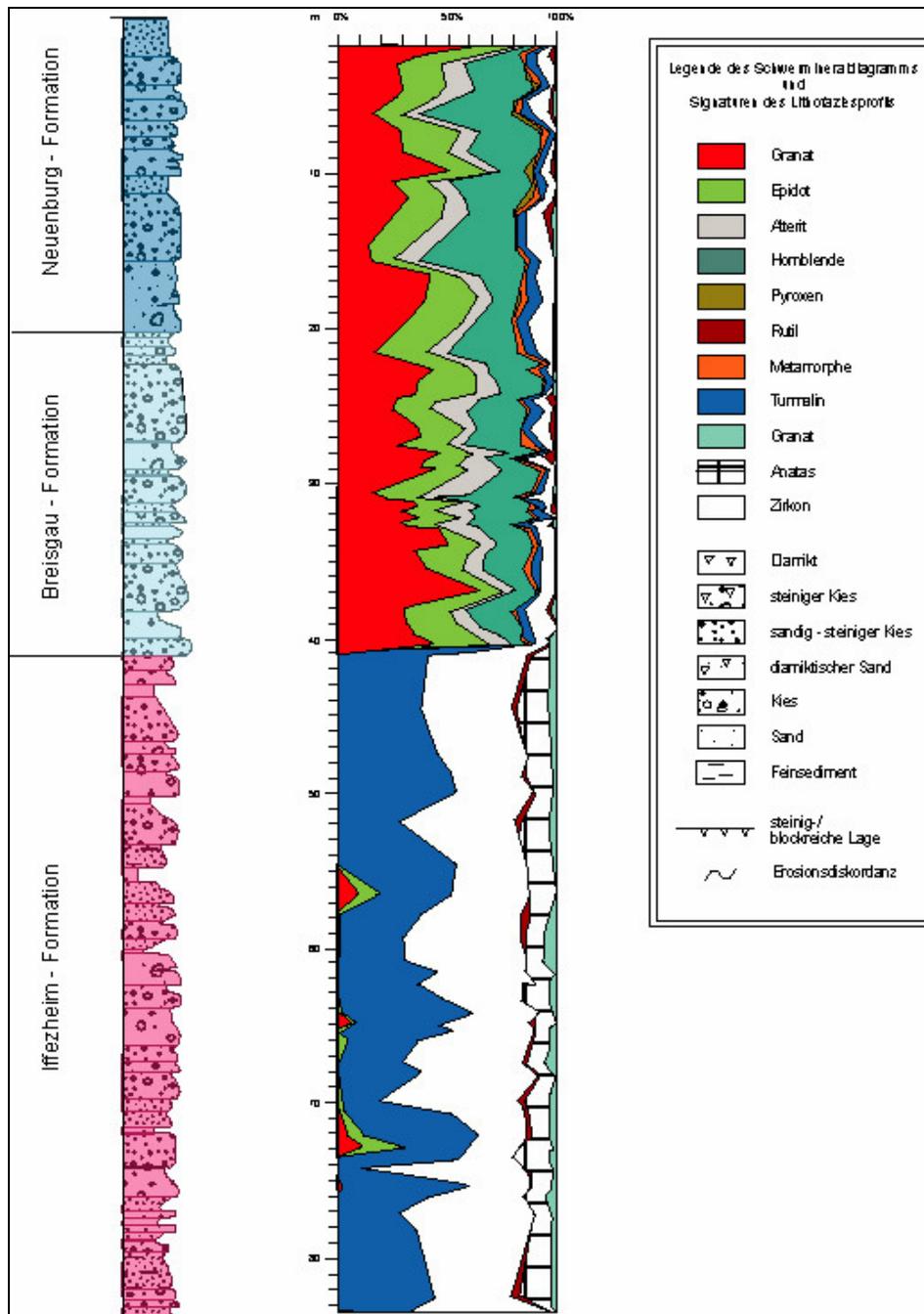


Abbildung 9.17: Lithofaziesprofil und Schwermineraldiagramm der Bohrung Iffezheim (LGRB-Archiv-Nr. 7114/491, verändert nach Hagedorn, 2004).

Figure 9.17: Profil lithologique et diagramme de minéraux lourds du forage d'Iffezheim (d'après Hagedorn, 2004).

Die Iffezheim-Formation entspricht nördlich des Kaiserstuhls dem oberen Teil des fluviatilen Jungtertiärs (fluviatiles Pliozän nach HGK, 1980). Es handelt sich dabei im Grabenzentrum um cremebis pastellfarbige (weißgrau bis gelblich), überwiegend sandig-schluffig-tonige Ablagerungen. Nach der HGK Bühl-Offenburg (HGK, 1978b) gehen diese feinkörnigen Ablagerungen im Mündungstrichter des Renchtales in grobsandig-grusigen Feinkies über. In den pliozänen Sedimenten fehlt alpines Material. Sie sind kalkfrei.

In die Kartiereinheit wurde auch der Schwemmlöss einbezogen, der bereichsweise in der Freiburger Bucht und entlang des Vorbergzonenrandes unter dem Kies auftritt. Er wurde von den benachbarten Hochlagen (Kaiserstuhl, Nimberg, Tuniberg, Vorbergzone) umgelagert. Aus hydrogeologischer Sicht bilden sowohl der Schemmlöss an der Kiesbasis als auch die Iffezheim-Formation bzw. das fluviatile Jungtertiär die Basis des Grundwasserleiters. Die Zusammenfassung ist deshalb aus hydrogeologischer Sicht sinnvoll. In den hydrogeologischen Schnitten (Anlage) wurde zwischen der Iffezheim-Formation/dem fluviatilen Jungtertiär und den Schwemmlössablagerungen unterschieden.

9.10 FESTGESTEINSUNTERGRUND

Im Oberrheingraben besteht der Festgesteinsuntergrund überwiegend aus gering durchlässigen tertiären Tonmergel- und Mergelsteinen. Im Markgräfler Land wird er in unmittelbarer Nähe des Krozinger und Biengener Berges sowie im Westteil der Mengener Brücke von den mäßig bis mittel durchlässigen, z.T. geklüfteten und verkarsteten Kalksteinen des mitteljuraschen Hauptrogensteins gebildet. Im Raum Offenburg folgen unter den Lockergesteinen Ton-, Kalk- und Mergelsteine des Mittleren Jura (z. B. Erdölbohrung Offenburg 7, LGRB Archiv-Nr. 7512/121, Anlage: Längsschnitt; Erdölbohrung Offenburg 6, LGRB-Nr. 7513/1282, Anla-

La Formation d'Iffezheim correspond au Nord du Kaiserstuhl à la partie supérieure du Tertiaire récent fluviatile (Pliocène fluviatile d'après la HGK, 1980); il s'agit au centre du Fossé de dépôts de couleur crème à pastel, essentiellement constitués de sables, silts et argiles. D'après la HGK Offenburg (HGK, 1978b) ces formations fines passent dans le cône de déjection de la vallée de la Rench à des graviers fins à matrice de sable grossier (arène). Les dépôts pliocènes, dont les matériaux alpins sont absents, ne sont pas calcareux.

Dans l'unité cartographique hydrogéologique les loess remaniés que l'on rencontre localement sous les graviers dans le Bassin de Freiburg et le long du piémont ont également été inclus. Ils proviennent des hauteurs voisines (Kaiserstuhl, Nimberg, Tuniberg, piémont). Du point de vue hydrogéologique ce loess remanié à la base des graviers constitue avec la Formation d'Iffezheim/Tertiaire récent fluviatile le substratum de l'aquifère, leur regroupement se justifie donc du point de vue hydrogéologique. Ils ont par contre été distingués dans les coupes géologiques (annexe).

9.10 TERRAINS CONSOLIDÉS (SOCLE)

Les terrains consolidés formant le socle des sédiments meubles dans le Fossé rhénan supérieur comprennent essentiellement les marnes et marnes argileuses tertiaires peu perméables. Dans le Markgräflerland à proximité immédiate des collines de Krozinger et de Biengen ainsi que dans la partie ouest du Seuil de Mengen ils sont constitués par les calcaires fissurés et karstifiés du Jurassique moyen (Grande oolithe). Dans le secteur d'Offenburg on trouve sous les sédiments meubles des argiles, marnes et calcaires du Jurassique moyen (p. ex. forage pétrolier Offenburg 7, LGRB-Nr 7512/121, annexe : coupe longitudinale, Offenburg 6 LGRB-

ge: Querschnitt 5). Bei Kenzingen bildet der Hauptrogenstein das Liegende, bei Mahlberg folgt unter der Lockergesteinsfüllung Keuper (HGK, 1980).

In der Freiburger Bucht, die zur randlichen Vorbergzone gehört, ist der Festgesteinsuntergrund in eine Vielzahl von Schollen mit unterschiedlichem stratigraphischem Alter und unterschiedlicher lithologischer Zusammensetzung zerbrochen [HOMILIUS et al. 1991, VILLINGER 1999]. Im Westen der Freiburger Bucht bilden am Ostrand des Kaiserstuhls gering durchlässige tertiäre Tonmergel- und Mergelsteine die Lockergesteinsbasis (Tuniberg-Ostgraben). Im Bereich zwischen Nimberg und Teningen/Emmendingen wird die Lockergesteinsbasis von den bereichsweise hoch durchlässigen Kalken, Kalkmergeln und Dolomitgesteinen des Muschelkalkes gebildet. Sie werden meist von gering durchlässigen Verwitterungsbildungen (Boluslehm) unterschiedlicher Mächtigkeit überlagert. Weiter nach Süden wird die Basis von stratigraphisch jüngeren Einheiten gebildet. Stellenweise stehen sie mit der überlagernden Breisgau-Formation hydraulisch in Kontakt. Südlich von Vörstetten wurden an der Basis der Lockergesteine in Bohrungen Sedimente des Keupers und des Unterjura angetroffen. Bei den Freiburger Thermalbohrungen (LGRB-Nr. 8012/414, 8012/417) bilden tertiäre Sedimente den Festgesteinsuntergrund. Die Mengener Brücke wird am nördlichen Rand von den Kalksteinen des Hauptrogensteines (Mitteljura) unterlagert.

Östlich der Schwarzwaldrandverwerfung besteht der Festgesteinsuntergrund überwiegend aus Gneisen des kristallinen Grundgebirges. Die Gneise sind häufig im Kontaktbereich zum überlagernden Lockergestein aufgelockert, zu Gneisgrus verwittert oder stark geklüftet, so dass sie stückig zerfallen. Diese in der Regel bis zu 3 Meter, selten bis zu 5 Meter mächtige Auflockerungszone hat ähnliche mäßige Durchlässigkeiten wie die Breisgau-

Nr7513/1282, annexe : coupe transversale 5). Près de Kenzingen le socle des graviers est constitué par la Grande oolithe, et près de Mahlberg par du Keuper (HGK, 1980).

Dans le Bassin de Freiburg, qui appartient aux champs de fracture du piémont de la Forêt-noire, le socle est composé d'une variété de compartiments d'âges stratigraphiques différents et de lithologie variée [HOMILIUS et al. 1991, VILLINGER 1999]. A l'Ouest du Bassin de Freiburg, en bordure du Kaiserstuhl ce sont des marnes argileuses et des marnes peu perméables du Tertiaire qui forment la base des sédiments meubles (fossé oriental du Tuniberg). Dans le secteur entre Nimberg et Teningen-Emmendingen ce sont par endroit des calcaires, marnes et dolomies très perméables du Muschelkalk. Ils sont le plus souvent recouverts par des épaisseurs variables d'altérites (Boluslehm), relativement peu perméables. Plus au Sud la base des alluvions est constituée par des unités stratigraphiquement plus récentes qui sont parfois en continuité hydraulique avec l'aquifère de la Formation de Breisgau. Au Sud de Vörstetten les forages ont rencontré à la base des alluvions du Keuper et du Jurassique inférieur. Les forages d'eau thermale de Freiburg (LGRB-Nr 8012/414, 8012/417) ont rencontré un socle de sédiments tertiaires. Le Seuil de Mengen est constitué dans sa partie Nord de Jurassique moyen (Grande oolithe).

A l'Est de la faille bordière de la Forêt-noire le substratum est constitué par les gneiss du socle cristallin. Les gneiss sont fréquemment altérés au contact des sédiments meubles : ils sont arénisés ou tellement diaclasés qu'ils se défont en morceaux. Cette zone d'altération atteint en règle générale jusqu'à 3 mètres, rarement 5 mètres ; elle a à peu près la même perméabilité moyenne que la Formation de Breisgau qui la recouvre en général. Plus bas les gneiss sont plus

Formation, von der sie meist überlagert wird. Darunter folgen schwächer geklüftete, unverwitterte Gneise mit geringer Durchlässigkeit.

faiblement diaclasés et peu altérés, et ont une plus faible perméabilité.

10 Profilschnitte, Verbreitungskarten, Isolinienpläne

Coupes et cartes hydrogéologiques

Auf Grundlage der hydrogeologischen Kurzprofile und der interpretierten geophysikalischen Messergebnisse wurden Profilschnitte, Verbreitungskarten, Isolinienpläne und Mächtigkeitskarten erstellt. Für Einheiten, die als Grundwasserleiter wirken, wurde die Basis, für solche, die als hydraulisch wirksame Trennschicht wirken, die Oberfläche als Isolinienplan dargestellt.

Die Isolinienkarten wurden in Rasterkarten umgewandelt.

10.1 PROFILSCHNITTE

Für das Bearbeitungsgebiet wurden auf deutscher Seite insgesamt 65 hydrogeologische Querschnitte und 17 hydrogeologische Längsschnitte konstruiert.

Sie sind in den jeweiligen Teilprojekten im digitalen Kartenarchiv des RPF/LGRB archiviert (Projektbezeichnung p120, p129, p152). Die Profilschnitte bilden die wesentliche Datengrundlage für die Konstruktion der Isolinienpläne und der weiteren thematischen Karten, die daraus abgeleitet wurden.

Les coupes et cartes hydrogéologiques de la zone d'étude ont été préparées sur la base des coupes hydrogéologiques de forages et de données de géophysiques.

On a ainsi cartographié en isohypses (courbes de niveau) la base des unités hydrogéologiques aquifères et le sommet des unités peu perméables ayant fonction d'intercalaires.

Les cartes en courbes de niveau ont été ensuite converties en grilles raster.

10.1 COUPES HYDROGÉOLOGIQUES

On a confectionné côté allemand 65 coupes hydrogéologiques transversaux et 17 coupes longitudinaux.

Elles ont été intégrées dans les projets par secteur des archives cartographiques du RPF/LGRB (p120, p129, p152). Ces données représentent l'essentiel des données utilisées dans la construction des isolignes et des cartes thématiques.

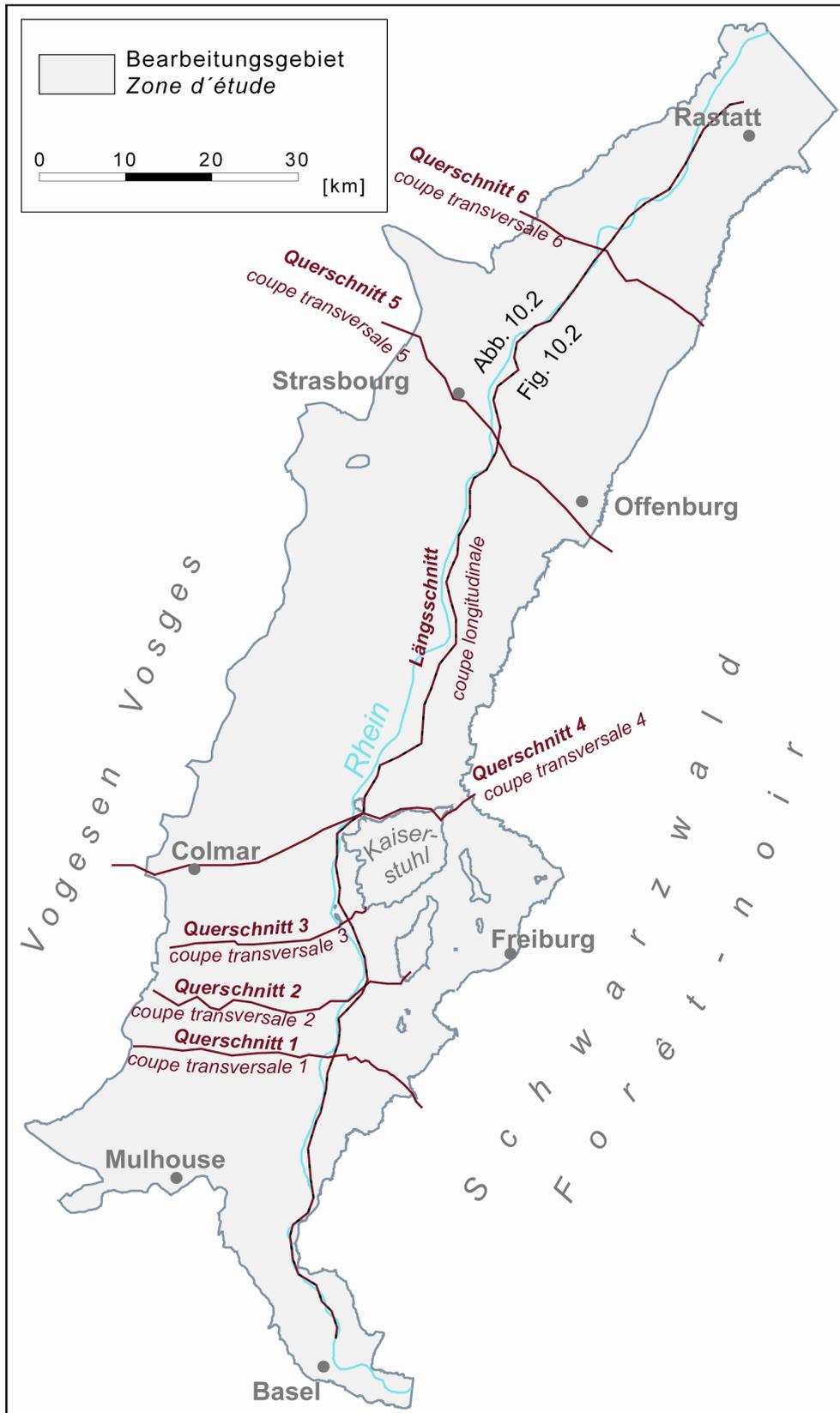


Abbildung 10.1: Verlauf der grenzüberschreitenden hydrogeologischen Querschnitte sowie des Längsschnittes.
 Figure 10.1 : Tracé des coupes hydrogéologiques transversaux transfrontaliers ainsi que du profil longitudinal.

Sechs dieser Profilschnitte wurden auf die französische Seite bis zum Vogesenrand zu grenzüberschreitenden Querschnitten verlängert (Abb. 10.1, Anlage). Der hydrogeologische Längsschnitt entlang des Rheins (Anlage) bildet die Nahtstelle zwischen dem Bearbeitungsgebiet auf deutscher und französischer Seite. Die Schnitte veranschaulichen die Lagerungsverhältnisse der hydrogeologischen Einheiten sowie deren Mächtigkeitsänderungen im Untersuchungsgebiet.

In den Profilschnitten (Anlage) sind die hoch durchlässigen Kiese der Neuenburg-Formation in dunklerem Blau, die mittel durchlässige Breisgau-/Ortenau-Formation (qBS, qO) in hellblau, die stauenden Lockersedimente der Iffezheim-Formation (qIS) bzw. des fluviatilen Jungtertiärs in ockergelb und der Festgesteinsuntergrund in rötlichgelb dargestellt. Die bis zu 15 Meter mächtigen sehr hoch durchlässigen holozänen Umlagerungssedimente im Bereich der Rheinniederung wurden nicht dargestellt, da eine eindeutige Ansprache dieser Einheit nur in wenigen Bohrungen möglich war. Aufgrund der gewählten Überhöhung in den Profilen wurden der Boden und die Verwitterungsbildungen schematisiert dargestellt. Boden und Verwitterungsbildungen sind im Bereich der Niederterrasse meist in einer Mächtigkeit von bis zu 1 Meter vorhanden.

Abbildung 10.2 zeigt eine schematisierte Darstellung des hydrogeologischen Längsschnittes entlang des Rheins von Basel bis Iffezheim (Anlage, Längsschnitt). In ihm kommt die ausgeprägte Morphologie der Lockergesteinsbasis zum Ausdruck. Der **Festgesteinsuntergrund** wird von zahlreichen Störungen durchsetzt, die bis in die überlagernde Iffezheim-Formation und z.T. bis in die Breisgau-/Ortenau-Formation hineinreichen. Er besteht im zentralen Grabenbereich überwiegend aus tertiären Mergel- und Tonmergelsteinen, in die sandigere oder kalkige Lagen eingeschaltet sein können. Nur an wenigen Stellen wurden unter

Six de ces coupes hydrogéologiques transversaux ont été prolongées jusqu'en bordure des Vosges côté français (Fig.10.1, annexe). La coupe longitudinale qui suit le cours du Rhin (annexe) sert de connexion entre les secteurs français et allemand. Les coupes rendent compte des conditions de gisement des unités hydrogéologiques et de leurs modifications d'épaisseur dans le secteur d'étude.

Dans l'annexe les graviers très perméables de la Formation de Neuenburg sont représentés en bleu foncé, ceux moyennement perméables de la Formation d'Ortenau/Breisgau (qBS, qO) en bleu clair, les sédiments meubles de la Formation d'Iffezheim (qIS) et du Tertiaire fluviatile en jaune-ocre et le substratum en jaune rougeâtre. Les sédiments remaniés très perméables d'âge holocène, d'une épaisseur d'environ 15 m dans le lit majeur du Rhin n'ont pas été représentés, faute de relevés suffisants dans les rares forages. Du fait de l'exagération des hauteurs dans les profils on a renoncé à représenter les formations de sols et d'altérites ; ces formations atteignent en effet à peine 1 m d'épaisseur dans le domaine de la basse-terrasse.

La figure 10.2 présente une version simplifiée de la coupe hydrogéologique le long du Rhin de Bâle à Iffezheim (annexe, coupe longitudinale) ; on y lit la morphologie typique de la base des alluvions. Le **substratum** est parcouru par d'innombrables failles qui se prolongent dans la Formation d'Iffezheim et pour partie dans la Formation de Breisgau/Ortenau ; il est essentiellement constitué dans la partie centrale du Fossé de marnes et de marnes argileuses d'âge tertiaire avec des intercalations locales de couches plus sableuses ou plus calcaires. Des formations mésozoïques n'ont été que rarement atteintes par forage sous les sédiments

den Lockersedimenten mesozoische Gesteine erbohrt (z.B. Erdölbohrung Offenburg 6, LGRB Nr. 7513/1282, Anlage Längsschnitt und Querschnitt 5).

Die **Iffezheim-Formation** mit den fluviatilen Jungtertiär ist südlich des Kaiserstuhls nur im zentralen Grabenbereich zwischen Breisach und Hartheim vorhanden (Abb. 10.2). Nördlich des Kaiserstuhls ist sie mit Ausnahme eines kleinen Abschnittes im gesamten Gebiet ausgebildet. Ihre größte Mächtigkeit erreicht sie zwischen Ottenheim und Kehl bzw. bei Greffern. Nach Süden Richtung Kaiserstuhl und nach Norden zur Karlsruher Schwelle nimmt sie deutlich ab.

Nördlich von Strasbourg streicht die Iffezheim-Formation bzw. das fluviatile Jungtertiär am westlichen Grabenrand an der Geländeoberfläche aus (z.B. Anlage, Querschnitt 6).

Die **Breisgau-/Ortenau-Formation** wurde auf dem ausgeprägten Relief der Oberfläche der Iffezheim-Formation abgelagert, welches verfüllt und ausgeglichen wurde. Zwischen Ottenheim und Kehl gehen die sandig schluffigen, zersetzten und dichter gelagerten Kiese in sandige Kiese über (Ortenau-Formation). Im südlichsten Grabenabschnitt fehlt die Breisgau-Formation. Sie wurde wahrscheinlich herausgehoben und erodiert und entspricht den älteren Rheinterrassen des östlichen Sundgaus. Zwischen Steinstadt und Grissheim schließt ein Bereich geringer Mächtigkeit an (Anlage, Längsschnitt Süd). Weiter nach Norden wurde der Festgesteinsuntergrund an zahlreichen Störungen stufenartig abgesenkt. In diesem Bereich nimmt die Mächtigkeit der Breisgau-Formation südlich des Kaiserstuhls innerhalb weniger Kilometer rasch auf bis zu 130 Meter zu (Anlage, Längsschnitt). Dabei treten südlich des Kaiserstuhls generell die größten Mächtigkeiten der Breisgau-Formation unter dem Rhein bzw. im Nahbereich westlich des Rheins in der so genannten Senke von Geiswasser (Anlage, Querschnitt 1

meubles (p.ex. Forage pétrolier Offenburg 6, LGRB N° 7513/1282, annexe coupe longitudinale et coupe transversale 5).

La **Formation d'Iffezheim** avec le Tertiaire récent fluviatile (Pliocène) n'existe au Sud du Kaiserstuhl qu'au centre du Fossé entre Breisach et Hartheim (Fig.10.2) tandis qu'au Nord du Kaiserstuhl, à l'exclusion d'un petit secteur, elle est représentée partout. Elle atteint sa plus grande épaisseur entre Ottenheim et Kehl et près de Greffern. Elle diminue sensiblement d'épaisseur vers le Sud en direction du Kaiserstuhl et vers le Nord en direction du seuil de Karlsruhe.

La Formation d'Iffezheim et le Tertiaire récent fluviatile (Pliocène) se biseautent vers l'Ouest au Nord de Strasbourg et disparaissent sur la bordure ouest du Fossé (ex. annexe, coupe transversale 6).

La **Formation de Breisgau/Ortenau** s'est déposée sur le relief accentué de la surface de la Formation d'Iffezheim en l'égalisant et comblant les dépressions. Entre Ottenheim et Kehl les graviers silteux, altérés et compacts passent aux graviers sableux de la Formation d'Ortenau. La Formation de Breisgau manque totalement dans l'extrémité sud du Fossé. Elle y a été vraisemblablement soulevée et érodée et correspond aux terrasses anciennes du Rhin connues dans l'Est du Sundgau. Une formation de faible épaisseur apparaît entre Steinstadt et Grissheim (annexe, Sud de la coupe longitudinale). Plus au Nord le substratum s'est affaissé en gradins délimités par des failles ; dans ce secteur l'épaisseur de la Formation de Breisgau au Sud du Kaiserstuhl augmente rapidement sur quelques km jusqu'à 130 m (annexe, coupe longitudinale). Les plus grandes épaisseurs de la Formation de Breisgau sont constatées au Sud du Kaiserstuhl sous le Rhin et à proximité immédiate côté ouest dans la "Fosse de Geiswasser" (annexe 2). Au Nord du Kaiserstuhl les secteurs avec les plus grandes épaisseurs sont canton-

und 2) auf. Nördlich des Kaiserstuhls verlagert sich der Bereich der größten Mächtigkeiten auf die badische Seite (Anlage, Querschnitt 5 und 6).

Als Folge von salztektonischen Bewegungen wird die Breisgau-Formation stellenweise von Aufwölbungen des Festgesteinsuntergrundes durchsetzt (Anlage, Querschnitte 1 bis 3). Diese Bewegungen erfolgten vor und während der Ablagerung der Breisgau-Formation, da die Grenzfläche zur Neuenburg-Formation häufig nicht von den Verbiegungen betroffen ist. An einigen Stellen jedoch hielten die salztektonischen Bewegungen bis in die Zeit der Ablagerung der Neuenburg-Formation an. Beispiele hierfür finden sich im Bereich des Salzückens von Marckolsheim (Anlage, Querschnitt 3) sowie auf badischer Seite auf dem sogenannten Weinstetter Diapir. Dort folgen westlich von Eschbach in einem inselartigen Vorkommen unter geringmächtigen Kiesen der Neuenburg-Formation direkt die oligozänen Mergel und Tonmergel des Festgesteinsuntergrundes. Auf elsässischer Seite erreicht der Dom von Hetenschlag bei Sainte-Croix-en-Plaine fast die Geländeoberfläche, die dort eine Aufwölbung von ca. einem Meter aufweist.

Unmittelbar nördlich des Kaiserstuhls ist die Mächtigkeit der Breisgau-Formation noch relativ groß. Die so genannte Lahrer Schwelle im Raum westlich von Lahr (Wittenweier, Nonnenweiher, vgl. Anlage, Längsschnitt) macht sich in einer deutlichen Mächtigkeitsreduktion der Breisgau-Formation bemerkbar. Ab Kehl nimmt die Mächtigkeit der Ortenau-Formation als laterales Äquivalent der Breisgau-Formation nach Norden in Richtung auf die Karlsruher Schwelle hin kontinuierlich ab. Zu den Grabenrändern hin nimmt der Anteil an Schwarzwald- bzw. Vogesenmaterial an der Zusammensetzung der Breisgau-Formation zu. Die Verzahnung des alpinen Materials mit dem Lokalmaterial ist in den hydrogeologischen Querschnitten 5 und 6 (Anlage) angedeutet.

nés du côté badois (annexe, coupe transversale 5 et 6).

Par suite des mouvements tectoniques engendrés par les formations salifères, la Formation de Breisgau est affectée localement par des bombements diapiriques du substratum (annexe, coupes transversaux 1 à 3). Ces déformations sont pour la plupart contemporaines du dépôt de la Formation de Breisgau, car la base de la Formation de Neuenburg n'est généralement pas touchée. Il existe des exceptions locales montrant que les mouvements diapiriques se sont poursuivis plus récemment, comme par exemple sur la crête diapirique de Marckolsheim (annexe, coupe transversale 3) ainsi que sur le diapir de Weinstetten du côté badois. C'est ainsi qu'à l'Ouest d'Eschbach côté badois on a une sorte d'île d'une faible épaisseur de graviers de la Formation de Neuenburg reposant directement sur les marnes et marnes argileuses oligocènes, tandis que le dôme de Hetenschlag près de Sainte Croix en Plaine en alsace atteint presque la surface du sol qu'il soulève d'environ un mètre.

L'épaisseur de la Formation de Breisgau au Nord immédiat du Kaiserstuhl est encore relativement importante tandis qu'elle est sensiblement réduite au niveau du seuil de Lahr (Wittenweier, Nonnenweiher, cf. annexe, profil longitudinal). A partir de Kehl l'épaisseur de la Formation d'Ortenau considérée comme l'équivalent latéral de la Formation de Breisgau diminue régulièrement en direction du seuil de Karlsruhe. Sur les bordures du Fossé la part des matériaux d'origine vosgienne respectivement schwarzwaldienne augmente au sein de la Formation de Breisgau. L'indentation du matériel alpin avec le matériel d'origine locale est indiquée dans les coupes transversaux 5 et 6 (annexe).

Die **Neuenburg-Formation** liegt südlich von Steinstadt direkt über älterem Tertiär (Abb. 10.2). Weiter nach Norden nimmt ihre Mächtigkeit zu. Mit Ausnahme der geringen Mächtigkeiten am Südende des Grabens sowie an den Grabenrändern sind die Mächtigkeitsschwankungen der Neuenburg-Formation vergleichsweise gering. Bedingt durch die salzinduzierte Aufdomung des präquartären Festgesteinsuntergrundes ist die Mächtigkeit der Neuenburg-Formation im Bereich des Marckolsheimer Salzrückens bzw. Hettenschlager Doms und des Weinstetter Diapirs deutlich reduziert (Anlage, Querschnitte 1 und 2). Nördlich des Kaiserstuhls treten innerhalb der Neuenburg-Formation vermehrt feinklastische Einschaltungen auf, die im Raum Strasbourg/Kehl und nördlich von Greffern eine größere laterale Verbreitung haben (Anlage Längsschnitt, Querschnitt 5). Dort wirken sie ebenso wie im Kinzigschwemmfächer bei Offenburg gebietsweise hydraulisch als Trennhorizont.

Nordwestlich von Strasbourg wird die Basis sowie die Oberfläche der Neuenburg – Formation auf französischer Seite von Störungen durchsetzt, die bis in die darüber folgende Lössüberdeckung hineinreichen (Anlage, Querschnitt 5). Ansonsten machen sich Störungen, die die Basis der Iffezheim-Formation bzw. der Breisgau-Formation versetzen, meist nicht bis zur Basis der Neuenburg-Formation bemerkbar.

Abbildung 10.3 zeigt ein schematisches Blockbild durch den Oberrheingraben südlich des Kaiserstuhls in Ost-West-Richtung vom Schwarzwald (Münstertal) bis zu den Vogesen (Thurer Tal). In diesem Bereich liegt auf der östlichen Rheinseite die Hochscholle des Krozinger/Schlatter Berges. Sie besteht aus Hauptrogenstein. Im zentralen Grabenbereich sind im tertiären Festgesteinsuntergrund der Balgauer und Hettenschlager Dom als salzinduzierte Aufragungen ausgebildet. Inner-

La **Formation de Neuenburg** repose au Sud de Steinstadt directement sur du Tertiaire ancien (Fig. 10.2) ; son épaisseur augmente vers le Nord. A l'exception de l'extrémité sud du fossé où elle est peu épaisse ainsi que près des bordures les variations d'épaisseur de la Formation de Neuenburg sont relativement faibles. L'épaisseur de la formation est cependant notablement réduite au niveau des bombements diapiriques dus au sel dans la crête diapirique de Marckolsheim, ainsi qu'au niveau des diapirs du Hettenschlag et de Weinstetten (annexe, coupes transversaux 1 et 2).

Au Nord du Kaiserstuhl apparaissent dans la Formation de Neuenburg de plus en plus d'intercalations de sédiments clastiques fins, qui prennent de l'extension dans le secteur de Strasbourg-Kehl et au Nord de Greffern (annexe coupe longitudinal, coupe transversal 5). Elles peuvent alors donner localement, comme dans le cône de déjection de la Kinzig à Offenburg, un caractère multicouche à l'aquifère.

Au Nord-Ouest de Strasbourg la base ainsi que la surface de la Formation de Neuenburg sont affectées du côté français par des failles qui peuvent se prolonger jusque dans la couverture loessique (annexe, coupe transversal 5). Ailleurs les failles qui affectent la base de la Formation d'Iffezheim et la Formation de Breisgau n'affectent pas la base de la Formation de Neuenburg.

La figure 10.3 représente un bloc diagramme schématique à travers le Fossé rhénan supérieur au Sud du Kaiserstuhl de direction E –W depuis la Forêt-noire (Münstertal) jusqu'aux Vosges (vallée de la Thur). Dans ce secteur on trouve à l'Est du Rhin un compartiment surélevé de Grande oolite (collines de Krozingen et de Schlatter). Dans la partie centrale du Fossé se trouvent des dômes diapiriques induits par le sel (dômes de Balgau et de Hettenschlag). Dans les deux formations de

halb der Breisgau-Formation und der Neuenburg-Formation tritt lateral eine lithologische Differenzierung auf. In beiden Einheiten nimmt der Anteil von Schwarzwald- bzw. Vogesenmaterial an der Zusammensetzung der Schotter mit zunehmender Entfernung vom Schwarzwald bzw. von den Vogesen zur Grabenmitte hin ab. Damit geht eine Zunahme der Durchlässigkeiten einher. Die Verzahnungsbereiche zwischen den einzelnen Lithofaziesbereichen fallen vermutlich z.T. mit der Position von Störungen im präquartären Untergrund zusammen.

Breisgau et de Neuenburg se produit une différenciation latérale: les proportions en matériaux issus de Forêt-noire ou des Vosges diminuent dans les alluvions en s'éloignant des deux massifs vers le centre du Fossé. La perméabilité augmente alors. La zone d'indentation entre les deux faciès pourrait coïncider en partie avec la position de failles dans le substratum préquaternaire.

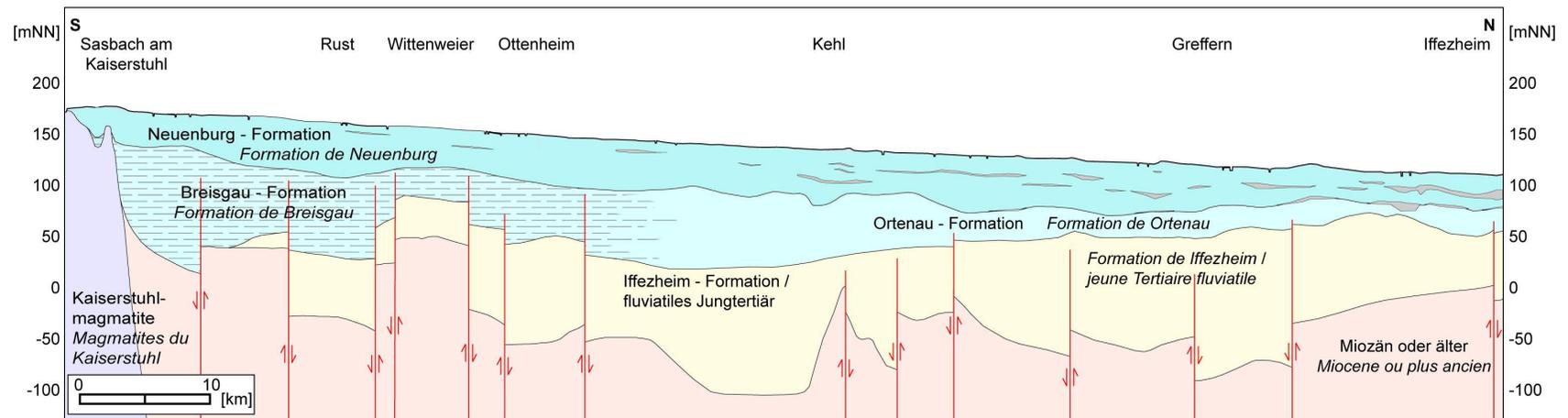
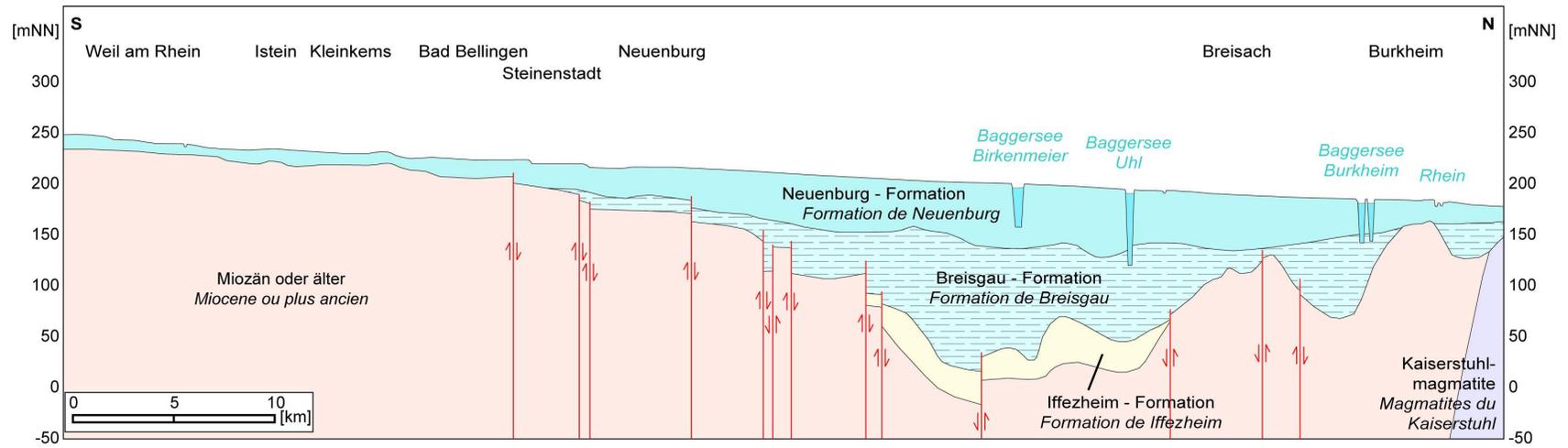


Abbildung 10.2: Schematischer Längsschnitt durch das Bearbeitungsgebiet in Süd - Nord-Richtung (Weil a. Rhein - Kaiserstuhl – Iffezheim, Schnittverlauf siehe Abb. 10.1).
 Figure 10.2: Coupe schématique Sud-Nord de la zone d'étude (Weil am Rhein – Kaiserstuhl – Iffezheim). Voir le tracé de la coupe en figure 10.1.

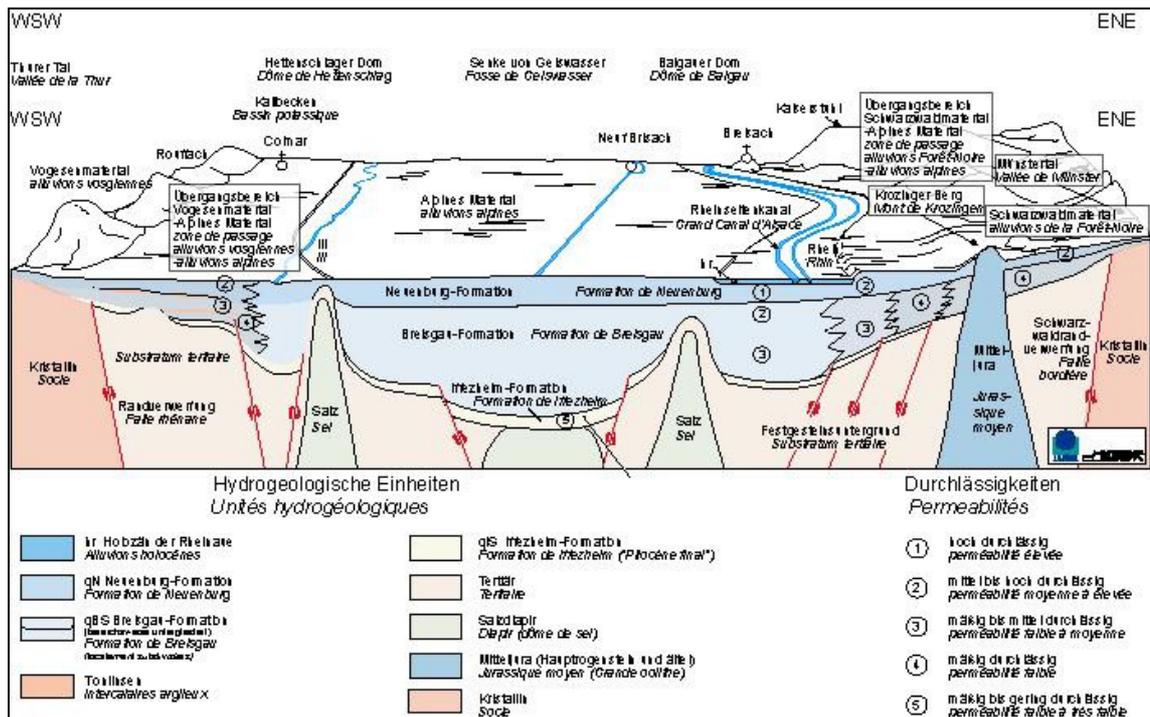


Abbildung 10.3: Schematisches Blockbild durch den südlichen Oberrheingraben vom Thurer Tal nördlich von Mulhouse ins Münsertal bei Staufen.

Figure 10.3: Bloc-diagramme schématique à travers le Sud du Fossé depuis la vallée de la Thur au Nord de Mulhouse jusqu'à la vallée de Münster près de Staufen.

In der zur Vorbergzone gehörenden **Freiburger Bucht** besteht der präquartäre Untergrund im Westen (Bereich des Tuniberg-Ostgrabens) aus Sedimentgesteinen des Alttertiärs (Eozän, Oligozän), im Osten aus Sedimenten des Keuper und des Jura (Abb. 10.4). Östlich der Hauptverwerfung folgen Gneise des kristallinen Grundgebirges.

Die Breisgau-Formation und die Neuenburg-Formation bestehen in der Freiburger Bucht aus lokalem Material. Im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation ist der feinklastische Riegel-Horizont eingeschaltet. Er wirkt im Nordwesten der Freiburger Bucht hydraulisch als Trennhorizont. An der Grenze zwischen der Breisgau-Formation und der Neuenburg-Formation liegt eine Übergangszone, die hydraulisch die Eigenschaften der Neuenburg-Formation hat, in der aber noch vereinzelt verwitterte Gerölle auftreten, wie sie für die Breisgau-Formation typisch sind. Vermutlich handelt es sich dabei um einen Aufarbeitungsbereich. Er wurde hydrogeologisch der Neuenburg-Formation zugeordnet.

Am Ostrand des Kaiserstuhls verläuft die Ostrheinrinne mit einer Kiesfüllung überwiegend alpinen Ursprungs.

Dans le **golfe de Freiburg** qui appartient à la zone de piémont le socle est constitué à l'Ouest (Tuniberg, fossé oriental) de sédiments du Tertiaire ancien (Eocène, Oligocène) et à l'Est de Keuper et de Jurassique (Fig. 10.4). A l'Est de la faille bordière apparaissent les gneiss du socle cristallin.

Les formations de Breisgau et de Neuenburg du Bassin de Freiburg sont constituées de matériaux d'origine locale. L'horizon de Riegel avec des sédiments clastiques fins s'intercale dans la partie supérieure de la Formation de Breisgau et joue le rôle de séparateur hydraulique dans le NW du Bassin de Freiburg. A la limite entre Formation de Breisgau et Formation de Neuenburg se trouve une zone de passage avec les propriétés hydrauliques de la Formation de Neuenburg mais où des galets altérés typiques de la Formation de Breisgau apparaissent çà et là. Sans doute s'agit-il d'un remaniement local ; cette zone a été géologiquement attribuée à la Formation de Neuenburg. Le long de la bordure Est du Kaiserstuhl s'étend un chenal à remplissage de matériaux alpins.

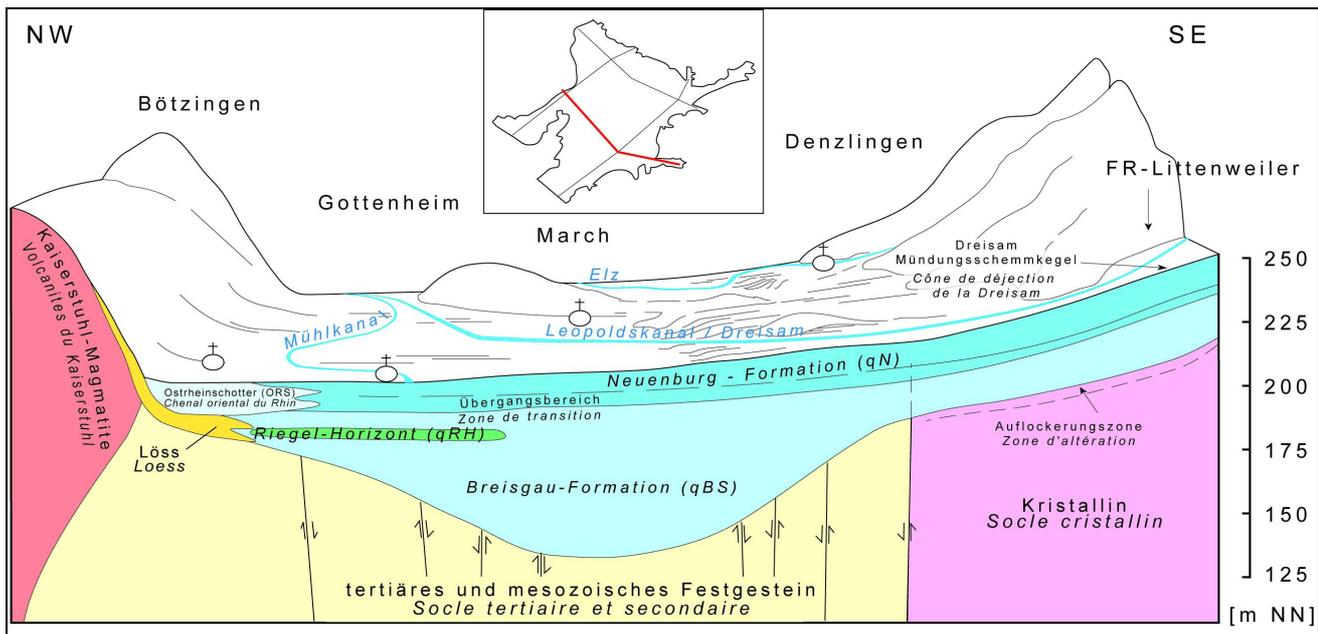


Abbildung 10.4: Schematisches Blockbild durch die Freiburger Bucht.
 Figure 10.4: Coupe schématique a travers le Bassin de Freiburg.

10.2 VERBREITUNGSKARTEN, ISOLINIENPLÄNE UND MÄCHTIGKEITSKARTEN

Für die hydrogeologisch relevanten Grenzflächen wurden Verbreitungskarten und Isolinienpläne konstruiert. Durch Differenzenbildung wurden aus diesen Grenzflächen Mächtigkeitkarten für die hydrogeologischen Einheiten erstellt.

10.2.1 NEUENBURG-FORMATION (qN)

10.2.1.1 VERBREITUNG UND ISOLINIENPLAN DER BASIS DER NEUENBURG-FORMATION

Die Neuenburg-Formation ist nahezu im gesamten Oberrheingraben verbreitet. Südlich des Kaiserstuhls fehlt sie am östlichen Grabenrand im Bereich des Markgräfler Hügellandes zwischen Heitersheim/Sulzburg und Müllheim sowie im Bereich der beiden Hochschollen Krozinger/Schlatter Berg und Biengener Berg, die aus Hauptrogenstein bestehen. Zwischen dem Markgräfler Land und der Freiburger Bucht ist sie im Bereich der Mengener Brücke nicht vorhanden. Die Grenze zu dieser Erhebung, die bis zum Festgesteinsuntergrund aus Feinsedimenten besteht, wurde dort gezogen, wo die Neuenburg-Formation aufgrund

CARTES DE REPARTITION, ISOHYPSES ET CARTES D'ÉPAISSEURS

Des cartes de répartition des faciès et des cartes en isohypses ont été tracées pour les interfaces des unités hydrogéologiques. Des cartes des épaisseurs de ces unités en ont été déduites par calcul des différences.

10.2.1 FORMATION DE NEUENBURG (qN)

10.2.1.1 REPARTITION ET ISOHYPSES DE LA BASE DE LA FORMATION DE NEUENBURG

La Formation de Neuenburg est présente dans presque tout le Fossé rhénan supérieur. Elle manque au Sud du Kaiserstuhl dans la bordure orientale du Fossé dans le secteur des Collines du Markgräflerland entre Keitersheim/Sulzburg et Müllheim ainsi qu'au niveau des horsts des collines de Krozinger/Schlatter et de Biengen qui sont constitués de Grande oolite. Entre le Markgräfler Land et le Bassin de Freiburg elle est absente au niveau du seuil de Mengen. La limite de ce seuil a été tracée là où la Formation de Neuenburg ne peut plus être considérée comme un aquifère du fait de sa faible épaisseur et de l'abondance de

ihrer geringen Mächtigkeit und des hohen Feinse-
dimentanteils nicht mehr als Aquifer eingestuft
werden kann.

Auf französischer Seite fehlt die Neuenburg-
Formation nordwestlich von Mulhouse und west-
lich von Blaesheim (Blaesheimer Dom). Dort
streichen inmitten der Niederterrasse tertiäre Se-
dimente an der Geländeoberfläche aus.

Die Basis der Neuenburg-Formation liegt im Sü-
den des Oberrheingrabens an den Grabenrändern
bei ca. 250 – 300 m NN. Am Übergang des Thurer
Tales in den Oberrheingraben bzw. des Dreisamtal-
es in die Freiburger Bucht liegt ihre Basis bei 310
– 320 m NN. Entsprechend dem generellen Gefäl-
le nach Norden liegt die Basis der Neuenburg-
Formation an den Grabenrändern im Norden des
Gebietes etwa 150 m tiefer als im Süden (zwi-
schen 90 und 110 m NN). Außerdem fällt sie von
den Grabenrändern zur Grabenmitte hin ein.

Am südlichen Ende des Oberrheingrabens fällt die
Basis der Neuenburg-Formation ausgehend vom
Hochrheintal bis in die Region um Mulhouse mit
einem mittleren Gefälle von ca. 0,4 % einheitlich
nach Norden. Nördlich von Mulhouse verflacht
das Gefälle und es zeichnet sich deutlich eine rin-
nenartige Struktur ab, die zwischen dem Breisa-
cher Münsterberg und dem Hettenschlager Dom
auf französischer Seite nach Norden verläuft.

In die Rinne mündet auf französischer Seite bei
Witternheim eine Seitenrinne, die am Ausgang der
Riegeler Pforte beginnt und östlich von Weisweil
unter Rheinhausen und Rust nach Nordwesten
zieht. Nördlich dieser Einmündung verringert sich
das Sohlgefälle der Rinnen erneut bis in die Ge-
gend von Strasbourg.

Nördlich von Strasbourg biegt das Rinnentiefste
nach Westen ab und verläuft bis Rheinau unter
dem Rhein. Zwischen Unzhurst und Lichtenau
liegt innerhalb der Rinne eine muldenartige Ein-
tiefung mit der Basis bei 70 m NN. Nördlich da-
von steigt die Rinnenbasis bei Iffezheim auf 80 m
NN an. Bis zum nördlichen Rand des Bearbei-
tungsgebiets bei Durmersheim liegt die Basis zwi-
schen 75 und 80 m NN.

sédiments fins.

Côté français la Formation de Neuenburg manque
au NW de Mulhouse et au niveau du dôme de
Blaesheim; là où des terrains tertiaires apparais-
sent au sein de la basse terrasse.

Dans le Sud du Fossé la base de la Formation de
Neuenburg se situe sur les bordures à environ 250-
300 m d'altitude. Au débouché de la vallée de la
Thur et de la vallée de la Dreisam cette base se
situe à 310-320 m d'altitude. Du fait de l'inclina-
ison généralisée vers le Nord la base de la Forma-
tion de Neuenburg se situe sur les bordures du
Fossé à environ 150 m plus bas au Nord du sec-
teur d'étude qu'au Sud (entre 90 et 110 m d'alti-
tude). Ajoutons que la base de la Formation de
Neuenburg s'enfonce depuis les bordures vers le
centre du Fossé.

A l'extrémité sud du Fossé la base de la Formation
de Neuenburg a un pendage vers le Nord d'environ
0,4% entre la haute vallée du Rhin et Mulhouse.
La pente s'adoucit au Nord de Mulhouse et la base
de la Formation de Neuenburg est nettement affec-
tée d'une structure de chenal de direction Nord
passant côté français entre le Munsterberg de
Breisach à l'Est et le dôme de Hettenschlag à
l'Ouest.

Un chenal latéral rejoint le chenal principal du
côté français près de Witternheim. Ce chenal naît
au débouché de la Porte de Riegel et s'oriente vers
le NW à l'Est de Weisweil au Sud de Rheinhausen
et Rust. A partir de cette confluence l'inclinaison
du fond de ces chenaux diminue à nouveau en
direction de Strasbourg.

Au Nord de Strasbourg le plus profond des che-
naux tourne vers l'Ouest et se prolonge sous le
Rhin jusqu'à Rheinau. Entre Unzhurst et Lichtenau
le chenal subit un approfondissement local, sa
base n'est qu'à 70 m d'altitude. La base du chenal
augmente plus au Nord pour atteindre 80 m près
d'Iffezheim. La base des graviers se situe ensuite
entre 75 et 80 m d'altitude jusqu'à la limite nord du
secteur étudié à Dumersheim.

Eine weitere kleinere Rinne beginnt südlich des Kaiserstuhls bei Hartheim und zieht unter Hausen hinweg zwischen dem Kaiserstuhl und dem Breisacher Münsterberg nach Norden.

In der Freiburger Bucht ist die Neuenburg-Formation im Bereich des Elz-Dreisam Mündungskegels vorhanden. Die hydrogeologische Einheit umfasst sowohl die holozänen kiesigen Auesedimente als auch die darunter folgenden Niederterrassenschotter einschließlich des so genannten Übergangsbereiches. Der Übergangsbereich wurde auch im östlich an das Bearbeitungsgebiet anschließenden Dreisamtal und im Zartener Becken identifiziert. Die Flussschotter in den Talauen der Schwarzwaldflüsse wurden mit der Neuenburg-Formation zusammengefasst, da sie sich hydrogeologisch nicht von diesen unterscheiden.

Zwischen dem Tuniberg und dem Kaiserstuhl ist die Neuenburg-Formation lithofaziell als Ostrheinschotter ausgebildet. Sie besteht nahezu ausschließlich aus alpinem Material. Weiter im Norden zwischen dem Nimberg und dem Kaiserstuhl sowie in Richtung Riegeler Pforte liegen unter oder über den Ostrheinschottern Ablagerungen aus Lokalmaterial. Zwischen dem Nimberg und der Emmendinger Vorbergzone ist ein mehrere hundert Meter breiter Verzahnungsbereich zwischen Ostrheinschotter und Neuenburg-Formation aus Lokalmaterial ausgebildet.

Un autre chenal plus petit débute au Sud du Kaiserstuhl près de Hartheim pour se diriger vers le Nord depuis Hausen entre le Kaiserstuhl et le Münsterberg de Breisach.

La Formation de Neuenburg existe dans le Bassin de Freiburg, dans les vallées des rivières de la Forêt-noire ainsi que dans le secteur du cône alluvial de l'Elz-Dreisam. L'unité hydrogéologique comprend les graviers holocènes de remplissage des vallées ainsi que les alluvions de la basse-terrace sous-jacentes, les terrains de transition inclus. Ce terrain de transition a été identifié également dans la vallée de la Dreisam et le bassin de Zarten à l'Est du secteur étudié.

Entre le Tuniberg et le Kaiserstuhl la Formation de Neuenburg forme le chenal oriental du Rhin. Elle est presque exclusivement constituée de matériel d'origine alpine. Plus au Nord entre le Nimberg et le Kaiserstuhl ainsi qu'en direction de la Porte de Riegel du matériel local est intercalé au-dessus et en-dessous de l'alluvionnaire rhénan. Une zone d'indentation entre les matériaux alpins et locaux, de quelques centaines de mètres de large, existe entre le Nimberg et la zone de collines de piémont d'Emmendingen.

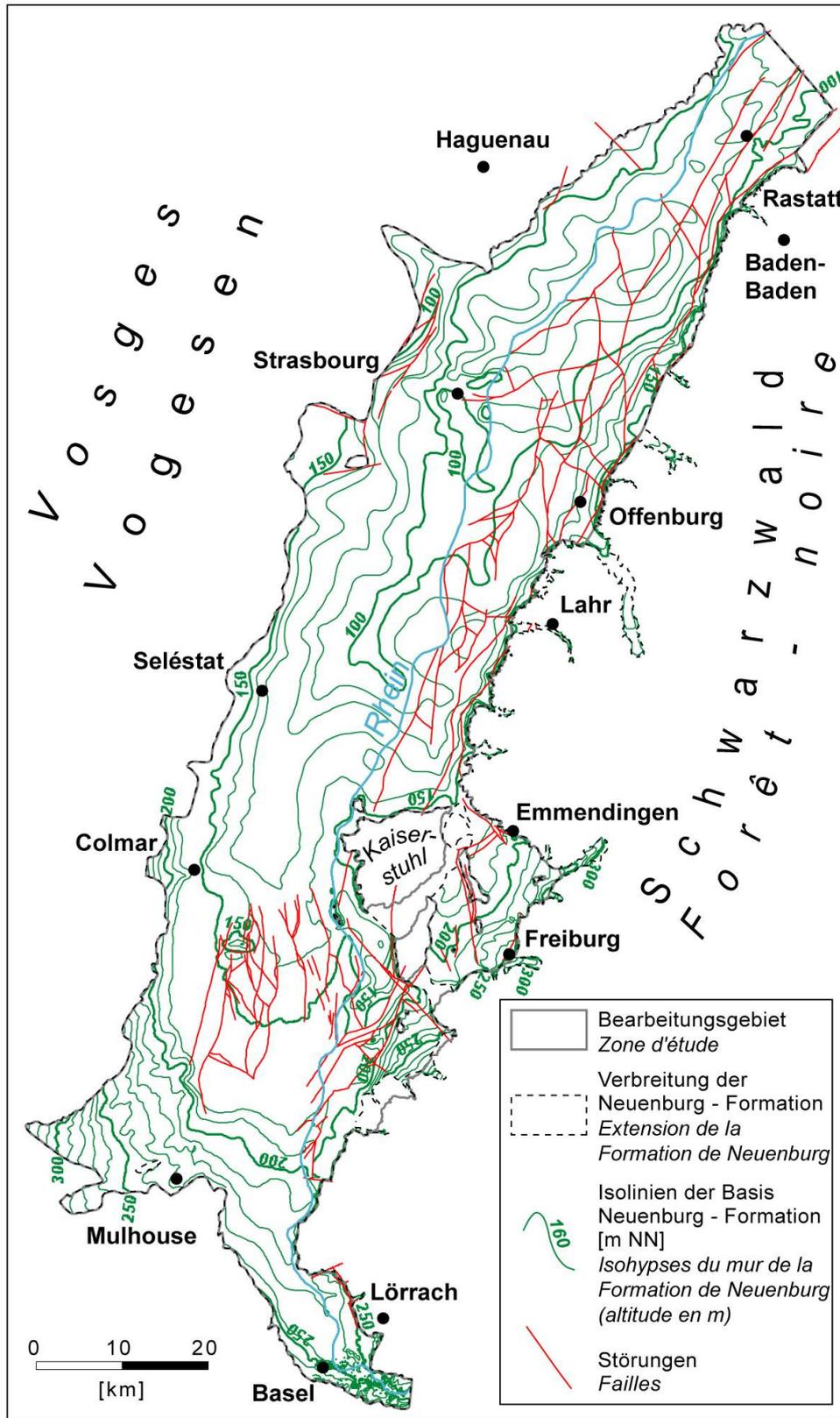


Abbildung 10.5: Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Neuenburg-Formation.
 Figure 10.5: Répartition et isohypes de la base de la Formation de Neuenburg.

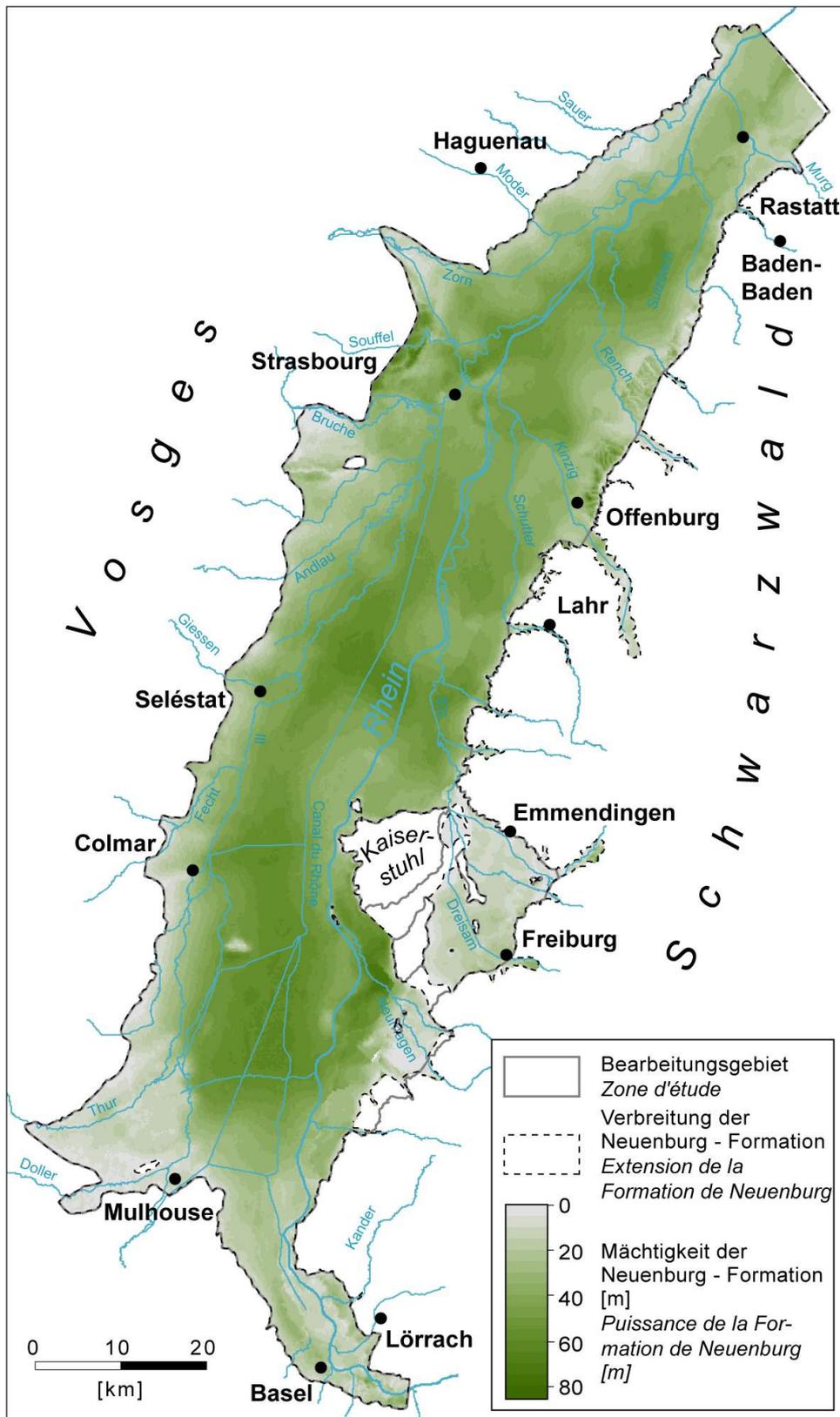


Abbildung 10.6: Mächtigkeit der Neuenburg-Formation
 Figure 10.6: Epaisseur de la Formation de Neuenburg

10.2.1.2 MÄCHTIGKEIT DER NEUENBURG-FORMATION

Die Basis der Neuenburg-Formation wurde im Bearbeitungsgebiet in 1810 Bohrungen angetroffen. Ihre größte Mächtigkeit von ca. 75 Metern erreicht die Formation südlich des Kaiserstuhls im Bereich der Brunnen der Badenova (Abb. 10.6).

Im zentralen Bereich des Grabens von der Linie Neuenburg-Mulhouse bis auf Höhe von Baden-Baden überwiegen Mächtigkeiten zwischen 40 und 60 Meter. Zu den Grabenrändern nimmt die Mächtigkeit deutlich ab. Nördlich von Baden-Baden verringert sich die Mächtigkeit mit Annäherung an die Karlsruher Schwelle. Am nördlichen Gebietsrand beträgt sie noch ca. 30 Meter.

Im Bereich der Freiburger Bucht erreicht die Neuenburg-Formation am Ausgang des Dreisamtales und im westlich anschließenden Stadtgebiet von Freiburg ihre größte Mächtigkeit von 25 m. Im Gebiet zwischen dem Nimberg und der Vorbergzone betragen die Mächtigkeiten meist zwischen 5 und 10 m. Zwischen dem Tuniberg und dem Nimberg liegen unter den Ostrheinschottern Kiese der Neuenburg-Formation aus Lokalmaterial von bis zu 8 Metern Mächtigkeit.

10.2.2 OSTRHEINSCHOTTER (ORS)

10.2.2.1 VERBREITUNG UND ISOLINIENPLAN DER BASIS DER OSTRHEINSCHOTTER

Die Verbreitung und Basis der Ostrheinschotter als laterales Lithofazesäquivalent der Neuenburg-Formation sind in Abbildung 10.7 dargestellt. Die Ostrheinschotter verlaufen im Westen der Freiburger Bucht entlang des Ostrand des Kaiserstuhls. Im Süden bildet der Westrand des Tuniberges die östliche Begrenzung, weiter im Norden verläuft die Ostgrenze am Nordwestrand des Nimberges. Von der Nordspitze des Nimberges aus verläuft die Ostgrenze in annähernd nördliche Richtung.

Die Basis der Ostrheinschotter steigt von 160 m NN zwischen Merdingen und Ihringen auf ca. 175 m NN nordwestlich von March an. Weiter nach Norden fällt die Basis in der Riegeler Pforte wie-

10.2.1.2 EPAISSEUR DE LA FORMATION DE NEUENBURG

La base de la Formation de Neuenburg a été atteinte par 1810 forages dans la zone d'étude. La formation atteint son maximum de 75 m au Sud du Kaiserstuhl dans le secteur des puits de captage de la Badenova (Fig. 10.6).

Dans le centre du Fossé des valeurs de 40 à 60 m dominant depuis une ligne Neuenburg-Mulhouse jusqu'à Baden-Baden. L'épaisseur diminue vers les bords du Fossé. Au Nord de Baden-Baden l'épaisseur diminue à l'approche du seuil de Karlsruhe pour ne plus mesurer que 30 m environ en limite nord du domaine étudié.

Dans le domaine du Bassin de Freiburg la Formation de Neuenburg atteint au plus 25 m au débouché de la Dreisam et dans la partie ouest de la ville de Freiburg;. Dans le secteur situé entre le Nimberg et les collines du piémont on a des épaisseurs de 5 à 10 m. Entre le Tuniberg et le Nimberg on rencontre jusqu'à 8 m de graviers d'origine locale sous les alluvions rhénanes du chenal oriental du Rhin.

10.2.2 CHENAL ORIENTAL DU RHIN (ORS)

10.2.2.1 REPARTITION ET ISOHYPSES DE LA BASE DES ALLUVIONS RHENANES DU CHENAL ORIENTAL

L'extension et la base des alluvions du chenal oriental du Rhin considérés comme l'équivalent latéral de la Formation de Neuenburg sont représentés sur la fig.10.7. Ils suivent dans le Bassin de Freiburg la bordure Est du Kaiserstuhl. Au Sud la limite Est est représentée par le Tuniberg, plus au Nord cette limite Est suit la bordure Nord-Ouest du Nimberg. A partir de la pointe Nord du Nimberg le chenal continue dans une direction à peu près Nord.

La base des alluvions rhénanes s'élève de 160 à 175 m d'altitude entre Merdingen et Ihringen au NW de March pour retomber à 160 m plus au Nord à la Porte de Riegel. On ne peut suivre cor-

der auf 160 m NN ab. Der weitere Verlauf der Ostrheinschotter nach Norden lässt sich nicht eindeutig verfolgen, da nördlich der Riegeler Pforte die Niederterrassenschotter überwiegend aus alpinem Material bestehen. Entlang der Vorbergzone zeichnet sich jedoch ein Bereich erhöhter Durchlässigkeiten bis mindestens Kenzingen ab, der auf den Verlauf des ehemaligen Ostrheines zurückgeführt wird (siehe auch Kapitel 11).

rectement le prolongement du chenal vers le Nord car les alluvions de la Basse Terrasse au Nord de la Porte de Riegel sont essentiellement faites de matériaux d'origine alpine. Le long des collines du piémont, au moins jusqu'à Kenzingen, apparaît un secteur plus perméable que l'on interprète comme ayant son origine dans le cours ancien du Rhin oriental (cf. chap. 11).

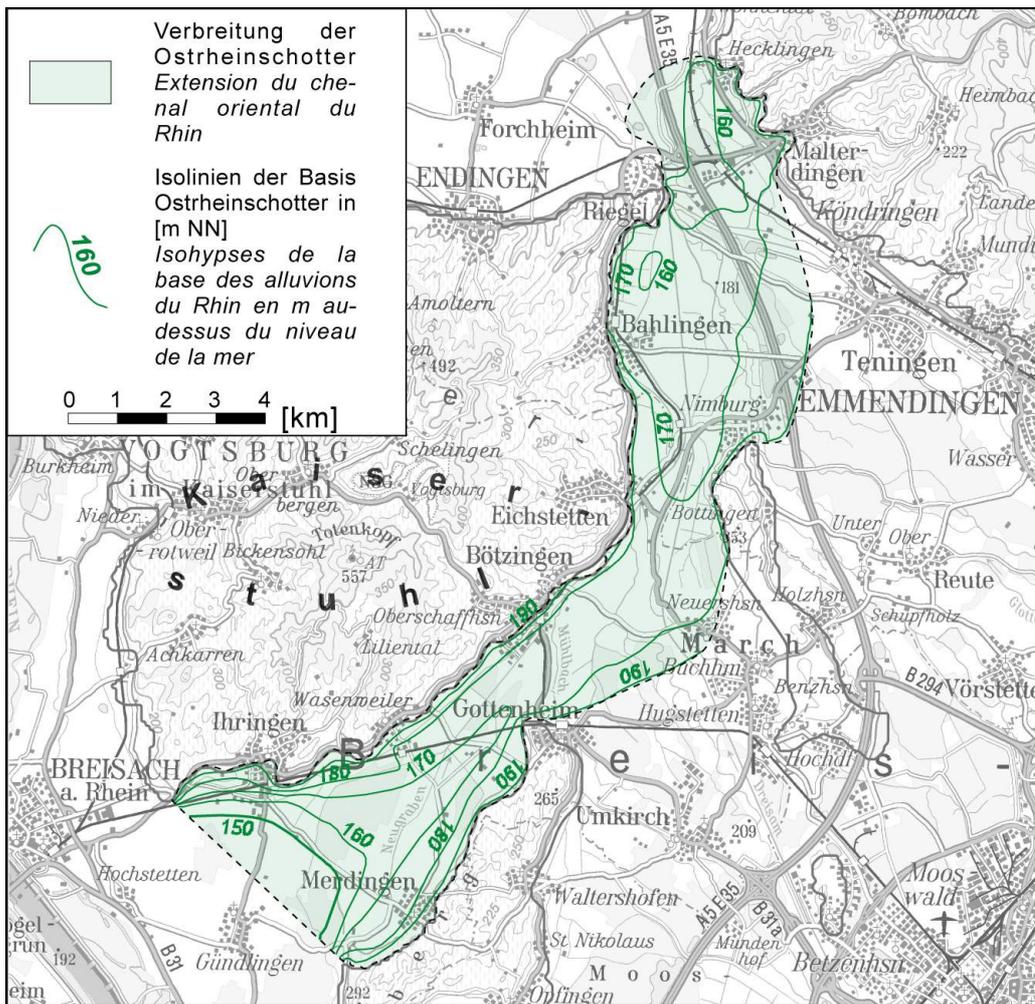


Abbildung 10.7: Verbreitung und Isolinienplan der Basis Ostrheinschotter.
 Figure 10.7: Répartition et isohypses de la base du chenal oriental du Rhin.

10.2.2.2 MÄCHTIGKEIT DER OSTRHEINSCHOTTER

Die Ostrheinschotter wurden im Bearbeitungsgebiet in 315 Bohrungen angetroffen. Ihre Basis wurde in 93 Bohrungen erreicht. Die Ablagerungen haben im zentralen Rinnenbereich meist Mächtigkeiten zwischen 10 und 15 Metern. Ihre größten Mächtigkeiten erreichen die Schotter im

10.2.2.2 EPAISSEUR DES ALLUVIONS DU CHENAL ORIENTAL DU RHIN

Les alluvions du chenal oriental du Rhin ont été rencontrées dans 315 forages, et leur base a été recoupée dans 93 forages. Les dépôts dans le secteur central du chenal atteignent 10 à 15 m, au maximum 20 m au Nord et au SW lors du débouché dans le Fossé ; il n'est pas possible de définir

Norden mit 20 Metern und im Südwesten am Übergang zum Rheingraben. Dort ist jedoch eine Grenzziehung zu den unterlagernden Niederterrassenschottern nicht möglich.

une frontière nette avec les alluvions sous-jacentes de la basse terrasse.

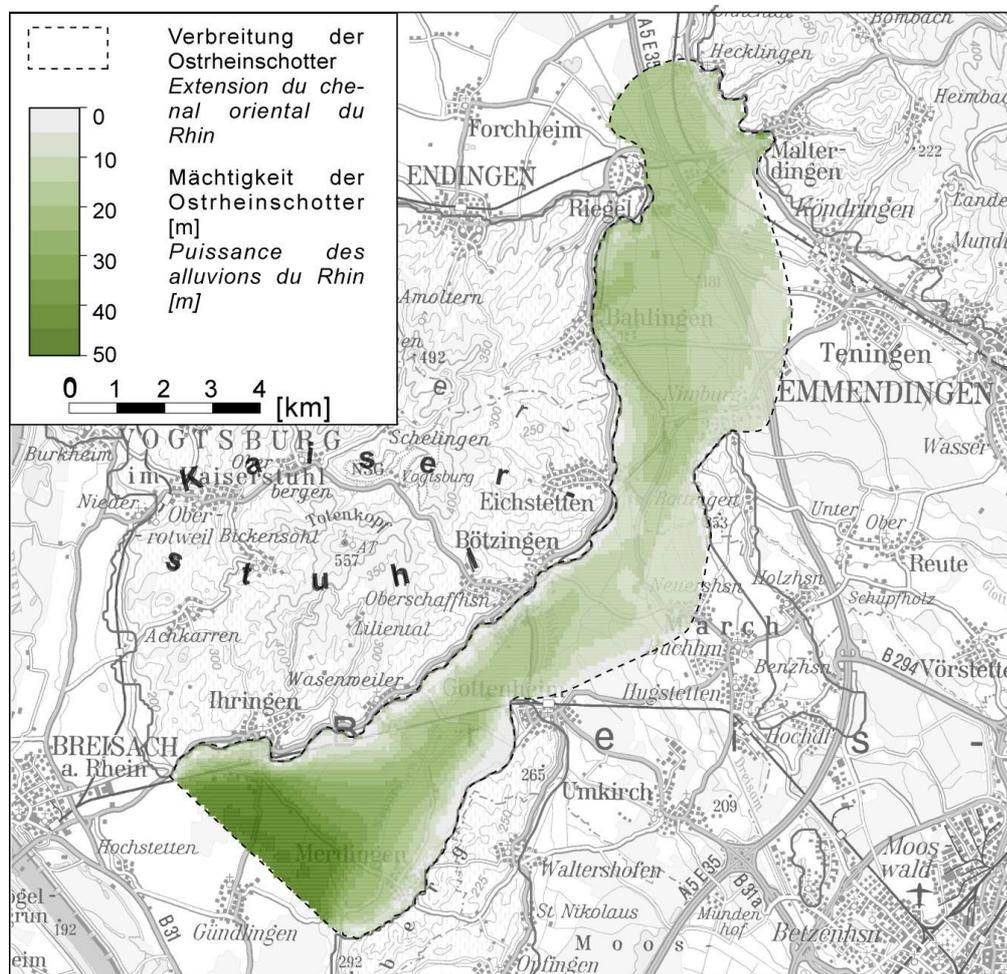


Abbildung 10.8: Mächtigkeit der Ostrheinschotter.
Figure 10.8: Épaisseur des alluvions du chenal oriental du Rhin.

10.2.3 FEINKLASTISCHE HORIZONTE IM RAUM OFFENBURG/STRASBOURG – BADEN-BADEN

Der feinklastische Horizont 1 ist am Ausgang des Kinzigtales bei Offenburg flächenhaft ausgebildet (Abb. 10.9, Anlage, Querschnitt 5). Er besteht dort hauptsächlich aus Tone und Schluffe z.T. mit organischem Material und Feinsanden und wird maximal 5 Meter mächtig. Der so genannte „Kinzigaupttorfhorizont“ ist hydraulisch als Trennhorizont wirksam. Die Druckfläche des unteren Grundwasserkörpers liegt um bis zu 0,3 Meter unter der Grundwasseroberfläche des oberen (Herrgesell, 1995).

10.2.3 HORIZONS CLASTIQUES FINS DU SECTEUR OFFENBURG/STRASBOURG – BADEN-BADEN

L'intercalaire 1 est très étendu au débouché de la Kinzig près d'Offenburg (Fig. 10.9, annexe; coupe transversal 5). Là il est constitué essentiellement d'argiles, de silts en partie mêlées à du matériel d'origine organique et de sables fins et a une épaisseur maximale de 5 m. L'horizon dénommé "Haupttorfhorizont de la Kinzig" présente une fonction de séparation du point de vue hydraulique. La piézométrie de l'aquifère inférieur est inférieure de jusqu'à 0,3 m à la surface piézométrique de l'aquifère supérieur (Herrgesell, 1995).

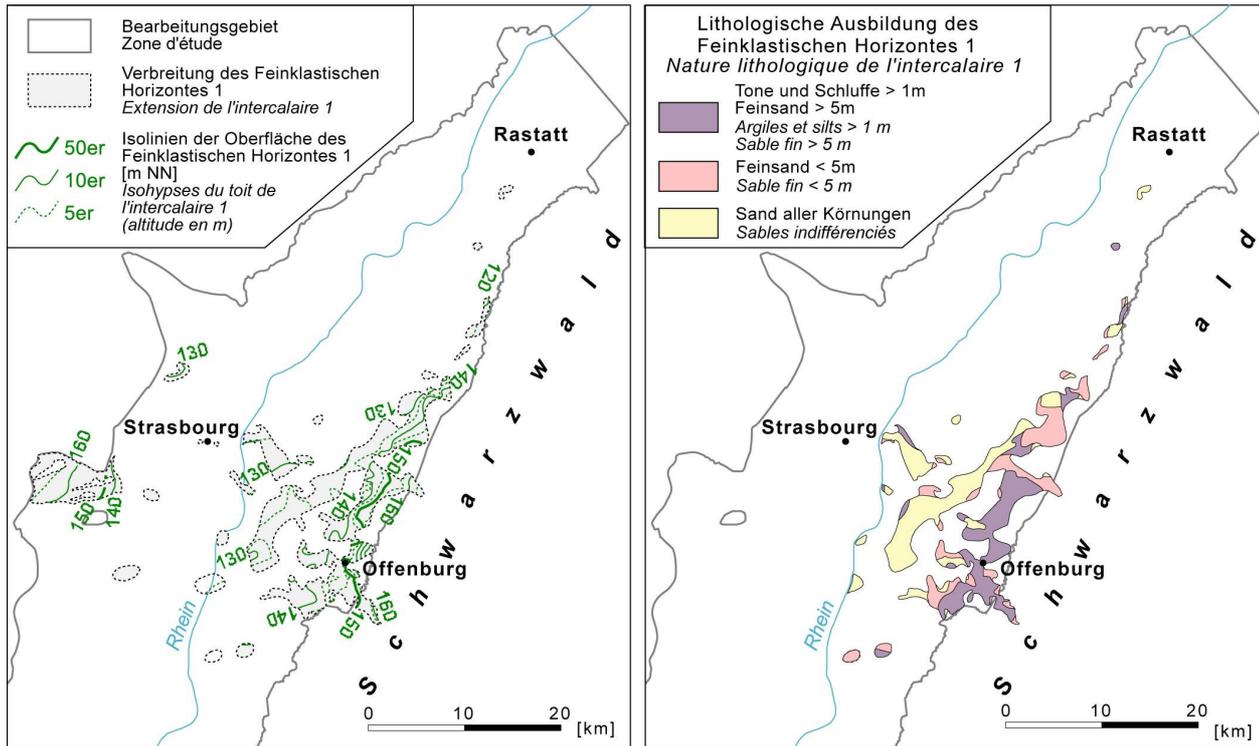


Abbildung 10.9: Verbreitung, lithologische Ausbildung (nur badische Seite) und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des feinklastischen Horizontes 1.
 Figure 10.9: Répartition, lithologie (côté badois uniquement) et altitude du sommet de l'intercalaire 1.

Im Kinzigtal und westlich der Autobahn A5 handelt es sich vermutlich um Stillwassersedimente, am Vorbergzonenrand um Umlagerungssedimente (Schwemmlöss).

Der feinklastische Horizont 2 ist hauptsächlich am Schwarzwaldrand von Offenburg bis Bühl verbreitet, ist aber bis Strasbourg vorhanden (Abb. 10.10). Seine Oberfläche fällt von ca. 160 m NN am Schwarzwaldrand nach Westen bis auf Höhe der Autobahn A5 auf ca. 130 m ab. Weiter nach Westen ist der feinklastische Horizont 2 nur noch bereichsweise vorhanden. Bei Kehl liegt seine Oberfläche bei ca. 120 m NN. Der feinklastische Horizont 2 ist im Allgemeinen geringer mächtig als der feinklastische Horizont 1. Er erreicht die größten Mächtigkeiten von über 5 Meter am Schwarzwaldrand. Westlich der Autobahn ist der feinklastische Horizont 1 zwischen 0,2 m und 3,5 Meter mächtig. In Strasbourg ist er nicht flächenhaft verbreitet und scheint bereichsweise erodiert zu sein. Die Erosionsrinnen wurden anschließend mit größerem Material verfüllt.

Dans la vallée de la Kinzig et à l'Ouest de l'autoroute A5 il s'agit sans doute de sédiments d'eaux calmes, tandis qu'en bordure du piémont ce sont des matériaux loessiques remaniés.

L'intercalaire clastique fin 2 s'observe surtout en bordure de la Forêt-noire entre Offenburg et Kehl mais est présent jusqu'à Strasbourg (Fig. 10.10). Sa surface s'abaisse vers l'Ouest d'environ 160 m d'altitude en bordure de la Forêt-noire à 130 m au niveau de l'autoroute A5. Plus à l'Ouest l'intercalaire 2 n'a qu'une extension locale. Près de Kehl sa surface est à 120 m environ ; l'intercalaire 2 est en général moins épais que l'intercalaire 1, atteignant au maximum 5 m en bordure de la Forêt-noire et de 0,2 à 3,5 m à l'Ouest de l'autoroute A5. A Strasbourg il est discontinu et semble interrompu par des chenaux de matériaux plus grossiers.

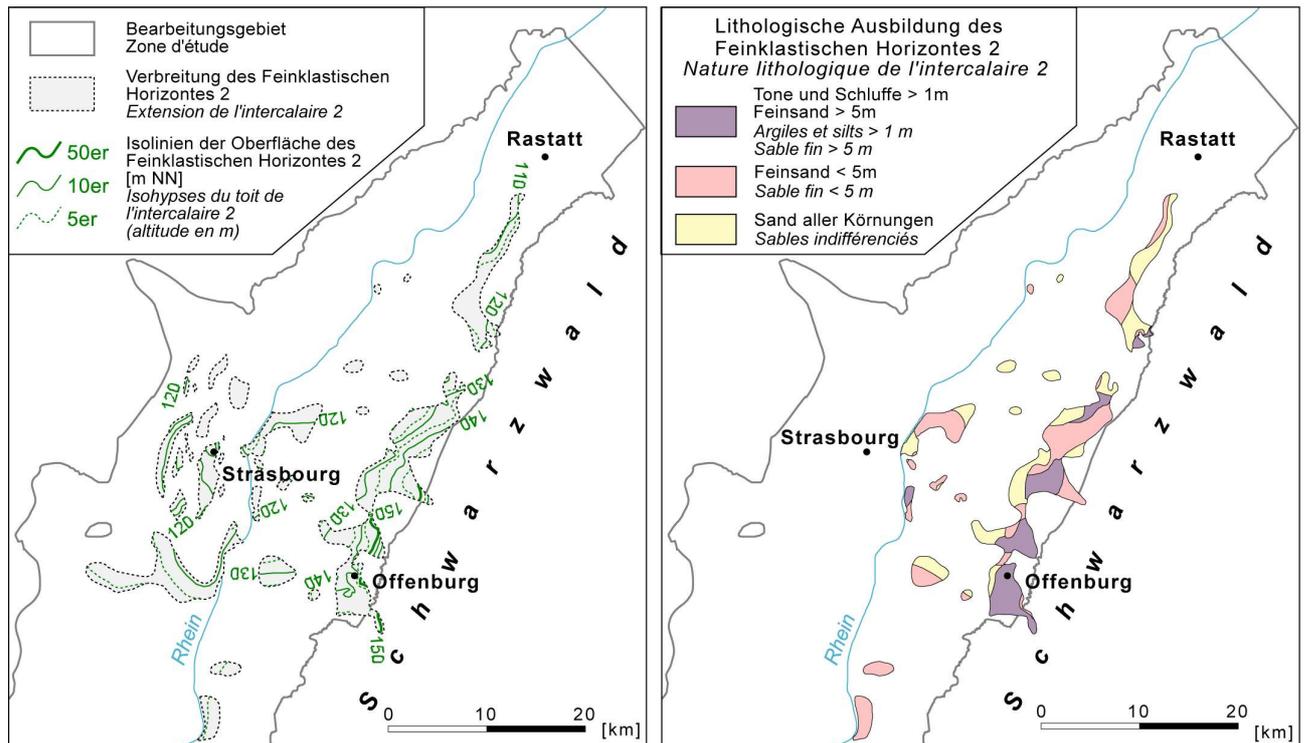


Abbildung 10.10: Verbreitung, lithologische Ausbildung (nur badische Seite) und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des feinklastischen Horizontes 2.
 Figure 10.10: Répartition, lithologie (côté badois uniquement) et altitude du sommet de l'intercalaire 2.

Im östlichen Bereich des Verbreitungsgebietes handelt es sich vermutlich um Umlagerungssedimente (Schwemmlöss) vom Vorbergzonenrand. Der feinklastische Horizont 3 ist hauptsächlich im Raum Offenburg/ Kehl bis auf Höhe von Rheinau/Renchen verbreitet (Abb. 10.11). Weiter im Norden handelt es sich nur um kleinräumigere Vorkommen. Seine Oberfläche fällt von ca. 140 m NN am Schwarzwaldrand nach Westen auf ca. 110 m am Rhein ein. Der feinklastische Horizont 3 ist maximal 7,5 m mächtig, meist liegt seine Mächtigkeit jedoch unter 5 Meter.

Dans le secteur oriental de son extension il s'agit probablement de matériaux loessiques remaniés de la bordure des collines du piémont. L'intercalaire classique fin 3 est surtout connu dans le secteur Offenburg/Kehl jusqu'à Rheinau/Renchen (Fig. 10.11). Il se fait beaucoup plus rare vers le Nord. Sa surface s'abaisse de 140 m en bordure de la Forêt-noire à 110 m au niveau du Rhin. Epais au maximum de 7,5 m, il a en général moins de 5 m d'épaisseur.

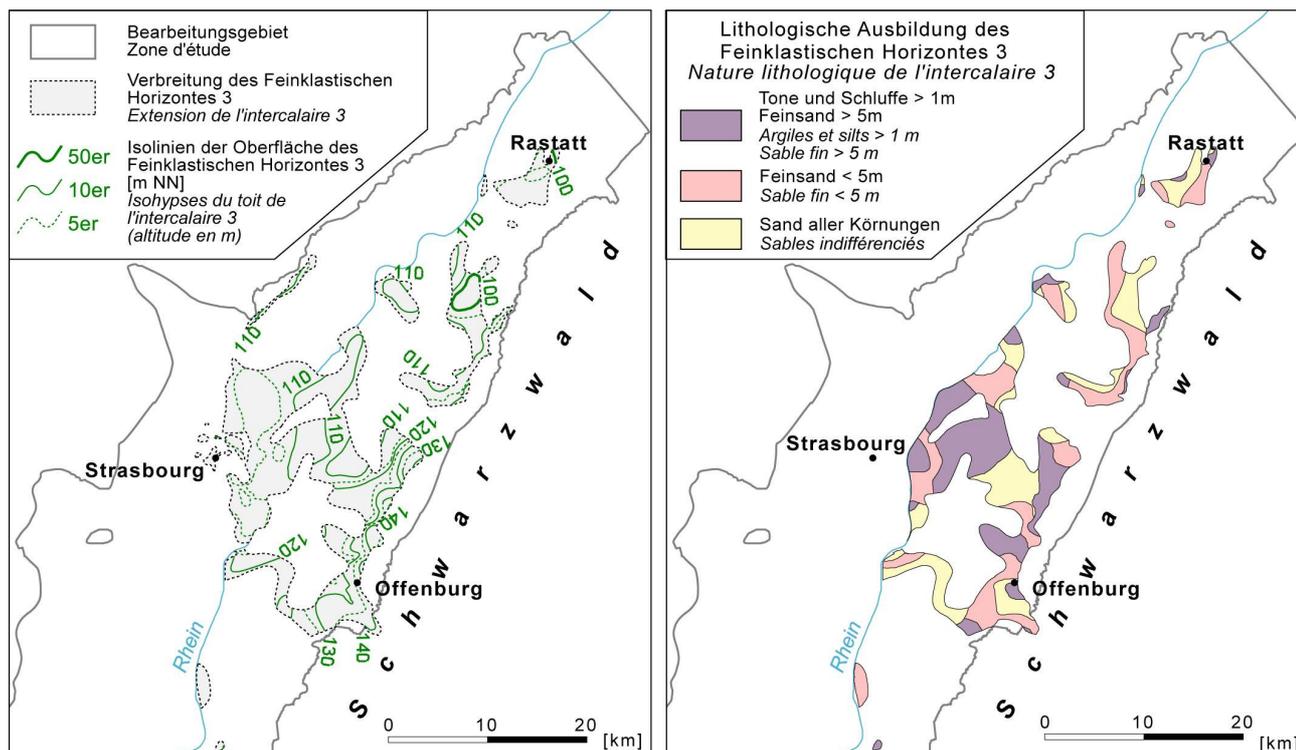


Abbildung 10.11: Verbreitung, lithologische Ausbildung (nur badische Seite) und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des feinklastischen Horizontes 3.
 Figure 10.11: Répartition, lithologie (côté badois uniquement) et altitude du sommet de l'intercalaire 3.

Er entspricht dem so genannten "interglazialen" Trennhorizont der hauptsächlich im Bereich von Strasbourg vorkommt. Im östlichen Bereich des Verbreitungsgebietes handelt es sich vermutlich um Umlagerungssedimente (Schwemmlöss) vom Vorbergzonenrand.

Der feinklastische Horizont 4 ist von Dundenheim bis nördlich von Baden-Baden vorwiegend zwischen dem Rhein und der Autobahn A5 ausgebildet (Abb. 10.12). Nach Norden zu ist er flächenhaft ausgebildet. Seine Oberfläche fällt im rhein-nahen Bereich von 120 m im Süden auf ca. 95 m NN im Norden ab. Er erreicht eine Mächtigkeit von über 9 Meter, meist ist er jedoch weniger als 2 Meter mächtig.

Il correspond à l'intercalaire dit "interglaciaire" le plus représenté à Strasbourg. Dans le secteur oriental de son extension il s'agit apparemment de matériaux loessiques remaniés de la bordure des collines du piémont.

L'intercalaire clastique fin 4 est développé de Dundenheim jusqu'au Nord de Baden-Baden, surtout entre le Rhin et l'autoroute A5 (Fig. 10.12). Il montre une bonne continuité vers le Nord. Sa surface s'abaisse le long du Rhin de 120 m au Sud à 95 m environ au Nord. Son épaisseur maximum est de 9 m mais ne dépasse en général pas 2 m.

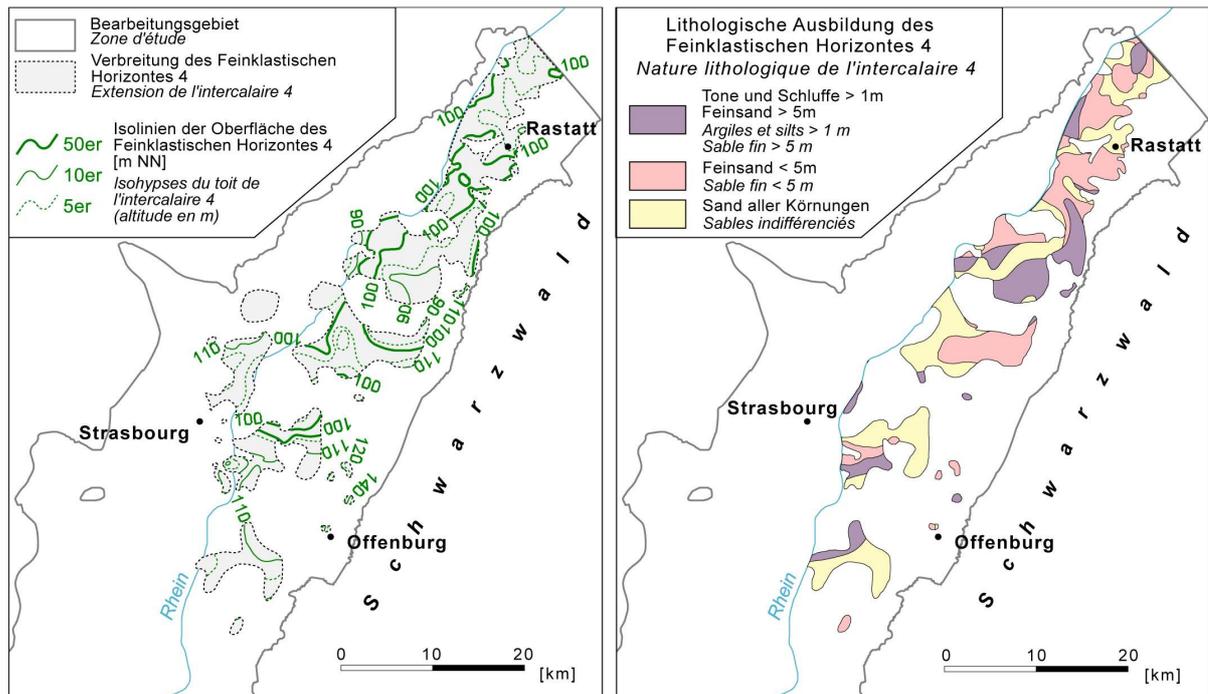


Abbildung 10.12: Verbreitung, lithologische Ausbildung (nur badische Seite) und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des feinklastischen Horizontes 4.

Figure 10.12: Répartition, lithologie (côté badois uniquement) et altitude du sommet de l'intercalaire 4.

Der feinklastische Horizont 4 entspricht im nördlichen Projektgebiet ab der Höhe Bühl dem Oberen Zwischenhorizont aus dem Projektgebiet der HGK Karlsruhe – Speyer (HGK, 1988).

L'intercalaire 4 correspond dans le secteur Nord de la zone d'étude, à partir de Bühl, à l'intercalaire supérieur du secteur de la cartographie hydrogéologique Karlsruhe – Speyer (HGK, 1988).

10.2.4 BREISGAU-FORMATION (qBS) UND ORTENAU-FORMATION (qO)

10.2.4 FORMATION DE BREISGAU (qBS) ET FORMATION D'ORTENAU (qO)

10.2.4.1 VERBREITUNG UND ISOLINIENPLAN DER BASIS DER BREISGAU- BZW. ORTENAU-FORMATION

10.2.4.1 EXTENSION ET ISOHYPSES DE LA BASE DES FORMATIONS DE BREISGAU ET D'ORTENAU

Die Verbreitung der Breisgau-/ Ortenau-Formation wird gebietsweise durch tektonische Strukturen begrenzt, z.B. durch die Tunibergstörung am Westrand des Tuniberges oder westlich von Lahr (Lahrer Schwelle) bzw. am Vorbergzonenrand zwischen Ortenberg und Achern.

L'extension de la Formation de Breisgau est parfois limitée par des structures tectoniques, comme par exemple la faille du Tuniberg sur le bord ouest du Tuniberg ou à l'Ouest de Lahr (seuil de Lahr), ainsi qu'en bordure des collines du piémont entre Ortenberg et Achern.

In der Freiburger Bucht bilden Störungen am Ost- rand des Tuniberges, am Westrand des Nimberges und zwischen Nimburg und Teningen/Emmendingen die Verbreitungsgrenze.

En ce qui concerne le Bassin de Freiburg ce sont les failles de l'Est du Tuniberg, de l'Ouest du Nimberg et entre Nimburg et Teningen/Emmendingen qui en dessinent les limites.

Die Breisgau-/ Ortenau- Formation ist nahezu im gesamten Gebiet des Untersuchungsraumes vorhanden (Abb. 10.13). Im Süden endet das Verbrei-

La Formation de Breisgau ou d'Ortenau existe dans pratiquement toute la zone étudiée (Fig.10.13). Vers le Sud la Formation de Breisgau

tungsgebiet der Breisgau-Formation auf der Höhe von Mulhouse. Am Westrand des Markgräfler Hügellandes zwischen Müllheim und Buggingen wird das präquartäre Festgestein direkt von den Schottern der Neuenburg-Formation überlagert. Im Bereich des Biengener und Krozinger/Schlatter Berges, der tertiären Vulkanite bei Breisach sowie der Hochlage des Festgesteinsuntergrundes südöstlich von Bremgarten (LGRB-Nr. Bo 8011/47) fehlt die Breisgau-Formation. Im Norden fehlt die Breisgau-Formation auf deutscher Seite auf der Hochscholle der so genannten Lahrer Schwelle und im Bereich der östlichen Randscholle (hydrogeologischer Längsschnitt, Anlage).

Auf französischer Seite ist die Breisgau-Formation im Bereich der Hettenschlager Doms und des Ersteiners Doms und westlich von Blaesheim nicht vorhanden.

Im Markgräfler Land reicht die Verbreitung der Breisgau-Formation zwischen Möhlin und Sulzbach bereichsweise, zwischen Sulzbach und Klemmbach erheblich über das Verbreitungsgebiet der Neuenburg-Formation nach Osten hinaus.

In der Freiburger Bucht verläuft die westliche Verbreitungsgrenze entlang des Ostrand des Tuniberges und weiter von der Nordspitze des Tuniberges zum Ostrand des Kaiserstuhls südlich von Eichstetten. Südwestlich von Oberschaffhausen fehlt die Breisgau-Formation im Bereich der Ostrheinschotter.

se termine à la hauteur de Mulhouse. A l'Ouest des collines du Markgräfler Hügelland entre Müllheim et Buggingen le substratum préquaternaire est directement recouvert par les alluvions de la Formation de Neuenburg. La Formation de Breisgau manque dans le secteur des collines de Biengen et de Krozinger/Schlatter, sur les volcanites tertiaires de Breisach ainsi que sur le horst de socle au SE de Bremgarten (Archiv-N°Bo 8011/47). Au Nord la Formation de Breisgau manque sur le horst du seuil de Lahr ainsi que dans le secteur des collines de bordure du piémont (*cf.* coupe longitudinal, annexe).

Côté français la Formation de Breisgau manque dans le secteur des dômes du Hettenschlag et d'Erstein ainsi que sur le dôme de Blaesheim.

Dans le Markgräflerland la Formation de Breisgau s'étend vers l'Est au-delà de l'extension des alluvions de la Formation de Neuenburg, localement entre Möhlin et Sulzbach et plus largement entre Sulzbach et Klemmbach.

Dans le Bassin de Freiburg la limite d'extension ouest longe le bord est du Tuniberg puis au Nord du Tuniberg suit le bord est du Kaiserstuhl au Sud d'Eichstetten. Au SW d'Oberschaffhausen la Formation de Breisgau manque dans le secteur des alluvions rhénanes.

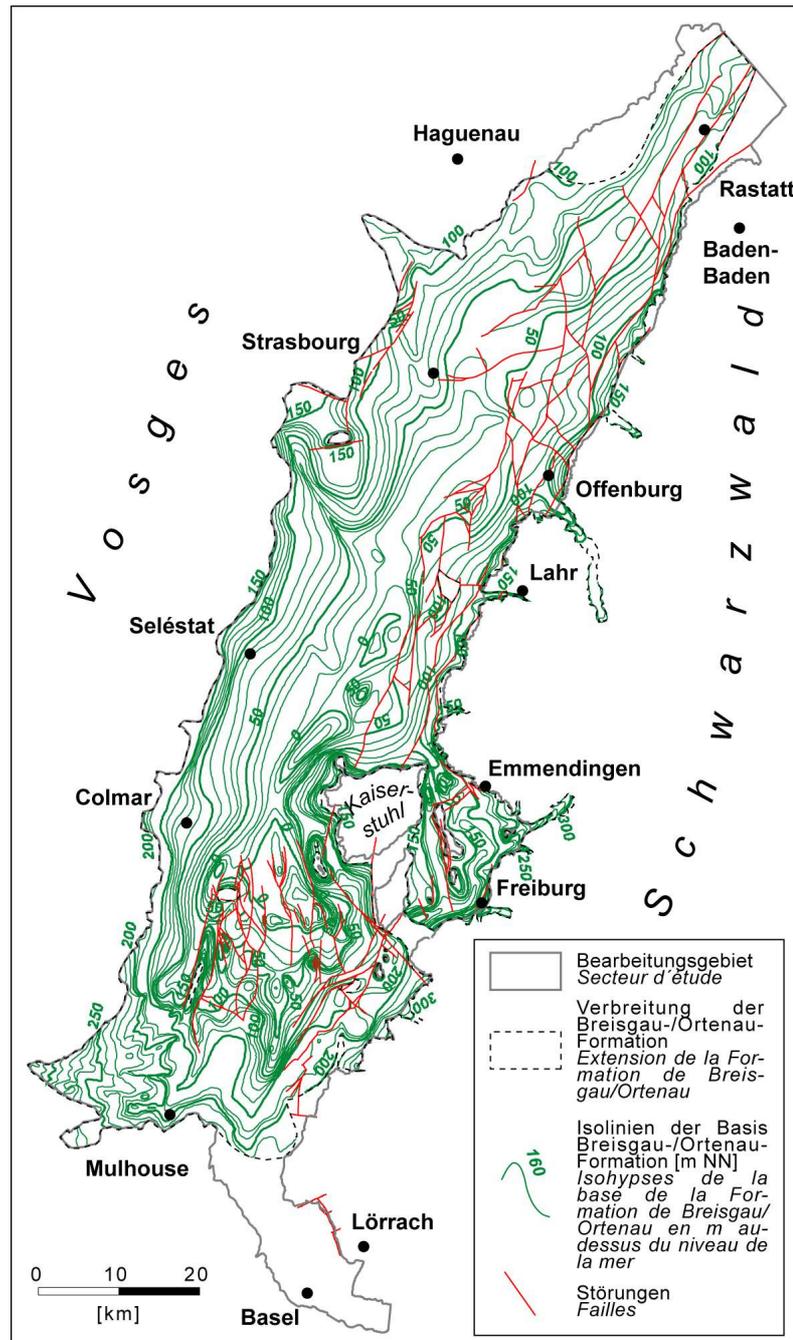


Abbildung 10.13: Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Breisgau-/ Ortenau- Formation.
 Figure 10.13: Répartition et isohypses de la base de la Formation de Breisgau/Ortenau.

Die Basis der Breisgau-/Ortenau- Formation liegt an den Grabenrändern im Süden des Bearbeitungsgebietes bei ca. 200 - 220 m NN, an der Nordgrenze bei 80 bis 90 m NN. Generell zeigt die Basis der Breisgau-Formation ein stärkeres Relief als die Basis des Neuenburg-Formation (Kap. 10.2.1).

La base de la Formation de Breisgau/Ortenau se situe au Sud du territoire étudié à environ 200 - 220 m d'altitude en bordure du Fossé, et en limite nord à 80-90 m ; elle présente en général un relief plus compliqué que celui de la Formation de Neuenburg (cf. chap.10.2.1).

Südlich von Colmar/Breisach ist die Basis der Breisgau-Formation als Folge der Salztektonik von einer Vielzahl von Störungen betroffen und in zahlreiche Muldenstrukturen und Aufwölbungen ge-

Au Sud de Colmar/Breisach la base de la Formation de Breisgau/Ortenau est perturbée par une série de failles engendrées par la tectonique salifère et découpée en dépressions et en dômes (Fig.

gliedert (Abb. 10.13). Auf elsässischer Seite führen zwei markante, von Störungen begrenzte, domartige Aufwölbungen im tertiären Untergrund zu Hochpositionen der Basis der Breisgau-Formation. Beim Meyenheimer Dom liegt die Basis bei 170 m NN, beim Hettenschlager Dom zwischen Niederhergheim und Hettenschlag bei 120 m NN (zur Lage der Salzstrukturen siehe auch Abb. 5.1). Westlich und östlich dieser beiden Strukturen liegt die Basis der Breisgau-Formation bei 70 bzw. 10 m NN. Sie steigt nach Westen zum Vogesenrand steil an. Nach Osten fällt sie in Richtung einer rinnenartigen Struktur, die östlich von Mulhouse beginnt und in nördliche Richtung verläuft, bis auf 20 m NN westlich Blodelsheim und - 40 m NN bei Geiswasser ab. In dieser Senke von Geiswasser und im westlich anschließenden Becken von Heiteren erreichen die quartären Kiese im südlichen Oberrheingraben ihre größte Mächtigkeit. Auf badischer Seite fällt die Basis der Breisgau-Formation ebenfalls in Richtung dieser Becken ein.

Östlich des Rheins zeichnet sich westlich von Gündlingen eine rinnenartige Struktur ab, die in nordnordwestliche Richtung zwischen den Kaiserstuhl und dem Breisacher Münsterberg verläuft und zwischen Kunheim und Durrenentzen wieder auf die tiefe Rinne auf französischer Seite trifft (Abb. 10.13). Diese Rinne verläuft unter Marckolsheim, Gerstheim und Plobsheim auf französischer Seite annähernd rheinparallel weiter in nördliche Richtung. Südlich von Strasbourg/Kehl verläuft die Rinne unter dem Rhein hindurch auf die deutsche Seite. Von hier aus steigt die Basis von 20 m NN auf 40 m NN östlich von Kehl an um bei Membrechtshofen wieder auf 20 m NN zu fallen. Dieses Becken von Membrechtshofen wird nach Westen von einer Hochscholle begrenzt, auf der die Basis der Breisgau-Formation bei 40 m NN liegt und weiter nach Westen ansteigt. Nördlich von Membrechtshofen steigt die Basis der Ortenau-Formation zur Karlsruher Schwelle hin an. Sie liegt am Nordrand des Bearbeitungsgebietes bei 60 m NN.

In der Freiburger Bucht zeichnet sich in der Basis der Breisgau-Formation vom Elztalausgang in süd-

10.13). Côté alsacien deux structures diapiriques majeures limitées par des failles font remonter le substratum tertiaire et la base de la Formation de Breisgau/Ortenau. Le long de la crête diapirique de Meyenheim la base se trouve à 170 m d'altitude, au dôme de Hettenschlag entre Niederhergheim et Hettenschlag à 120 m (*cf.* fig. 5,1 pour les structures salifères). A l'Est et à l'Ouest de ces deux structures la base de la Formation de Breisgau se situe respectivement à 70 m et 10 m d'altitude. Elle remonte selon une pente raide vers la bordure des Vosges, tandis qu'elle s'abaisse vers l'Est en direction d'une structure de chenal. Celle-ci débute à l'Est de Mulhouse et se poursuit vers le Nord jusqu'à 20 m d'altitude à l'Ouest de Blodelsheim et à la cote -40 m près de Geiswasser. Dans cette "fosse de Geiswasser" et dans celle voisine de Heiteren les graviers atteignent leur maximum d'épaisseur dans le Sud du Fossé. Côté badois la base de la Formation de Breisgau s'abaisse également en direction de ces fosses.

A l'Est du Rhin se dessine à l'Ouest de Gündlingen une structure en chenal de direction NNW entre le Kaiserstuhl et le Münsterberg de Breisach et rejoint le chenal principal côté français entre Kunheim et Durrenentzen (Fig. 10.13). Ce chenal se poursuit vers le Nord par Marckolsheim, Gerstheim et Plobsheim côté français presque parallèlement au Rhin. Il repasse sous le Rhin vers le côté allemand au Sud de Strasbourg/Kehl. A partir de là sa base s'élève de 20 m à 40 m à l'Est de Kehl pour s'abaisser à nouveau à 20 m d'altitude près de Membrechtshofen. Ce bassin de Membrechtshofen est limité à l'Ouest par un horst, sur lequel la base de la Formation de Breisgau est située à 40 m et continue de s'élever vers l'Ouest. Au Nord de Membrechtshofen la base de la Formation d'Ortenau s'élève vers le seuil de Karlsruhe et atteint 60 m d'altitude à l'extrémité nord du territoire étudié.

Dans le Bassin de Freiburg un chenal se dessine dans la base de la Formation de Breisgau en direc-

liche Richtung zwischen dem Mauracher Berg, dem Marchhügel und dem Hunnenbuck im Westen und dem Schwarzwaldrand im Osten eine Rinne ab. Sie bildet den Verlauf der Urelz und der Glotter nach, die bis in das frühe Altpleistozän zwischen dem Tuniberg und dem Schwarzwald hindurch nach Süden entwässerten [GROSCHOPF et al. 1996, VILLINGER 1999]. Bis zu dieser Zeit war auf Höhe des nördlichen Kaiserstuhls eine Wasserscheide ausgebildet, die in der Freiburger Bucht möglicherweise mit der tektonisch bedingten Hochposition zwischen dem Nordrand des Nimberges und Emmendingen zusammenfiel.

10.2.4.2 MÄCHTIGKEIT DER BREISGAU-/ORTENAU-FORMATION

Die Breisgau-/Ortenau-Formation wurde im Untersuchungsgebiet in 1477 Bohrungen erreicht. Ihre Basis wurde in 583 Bohrungen durchteuft.

Die Mächtigkeit der Breisgau-/Ortenau-Formation variiert sehr stark (Abb. 10.14). Sie bewegt sich im größten Teil des Gebietes zwischen 40 und 120 Metern. In Richtung der Grabenränder nach Westen, Süden und Osten nimmt sie stark ab. Nach Norden zur Karlsruher Schwelle hin verringert sich die Mächtigkeit ebenfalls deutlich. Sie beträgt am nördlichen Gebietsrand ca. 20 Meter.

tion du Sud depuis le débouché de la vallée de l'Elz – entre les collines de Murach, du Marchhügel et du Hunnenbuck à l'Ouest et la bordure de la Forêt-noire à l'Est. Ce chenal correspond au cours de l'Elz primitive et de la Glotter qui s'écoulaient au Pléistocène ancien entre le Tuniberg et la Forêt-noire vers le Sud [GROSCHOPF et al. 1996, VILLINGER 1999]. Jusqu'à cette époque existait une ligne de séparation des eaux à la hauteur du Kaiserstuhl Nord, qui semble se superposer à la position du horst d'origine tectonique entre le bord nord du Nimberg et Emmendingen.

10.2.4.2 EPAISSEUR DE LA FORMATION DE BREISGAU/ORTENAU

La Formation de Breisgau/Ortenau a été atteinte par 1477 forages dans la zone étudiée et sa base a été touchée par 583 forages.

L'épaisseur de la Formation de Breisgau/Ortenau varie énormément, en général entre 40 et 120 m (Fig. 10.14). Elle diminue considérablement en direction des bords du Fossé vers l'Ouest, le Sud et l'Est. Vers le Nord à l'approche du seuil de Karlsruhe elle diminue également jusqu'à atteindre 20 m à la limite nord du secteur étudié.

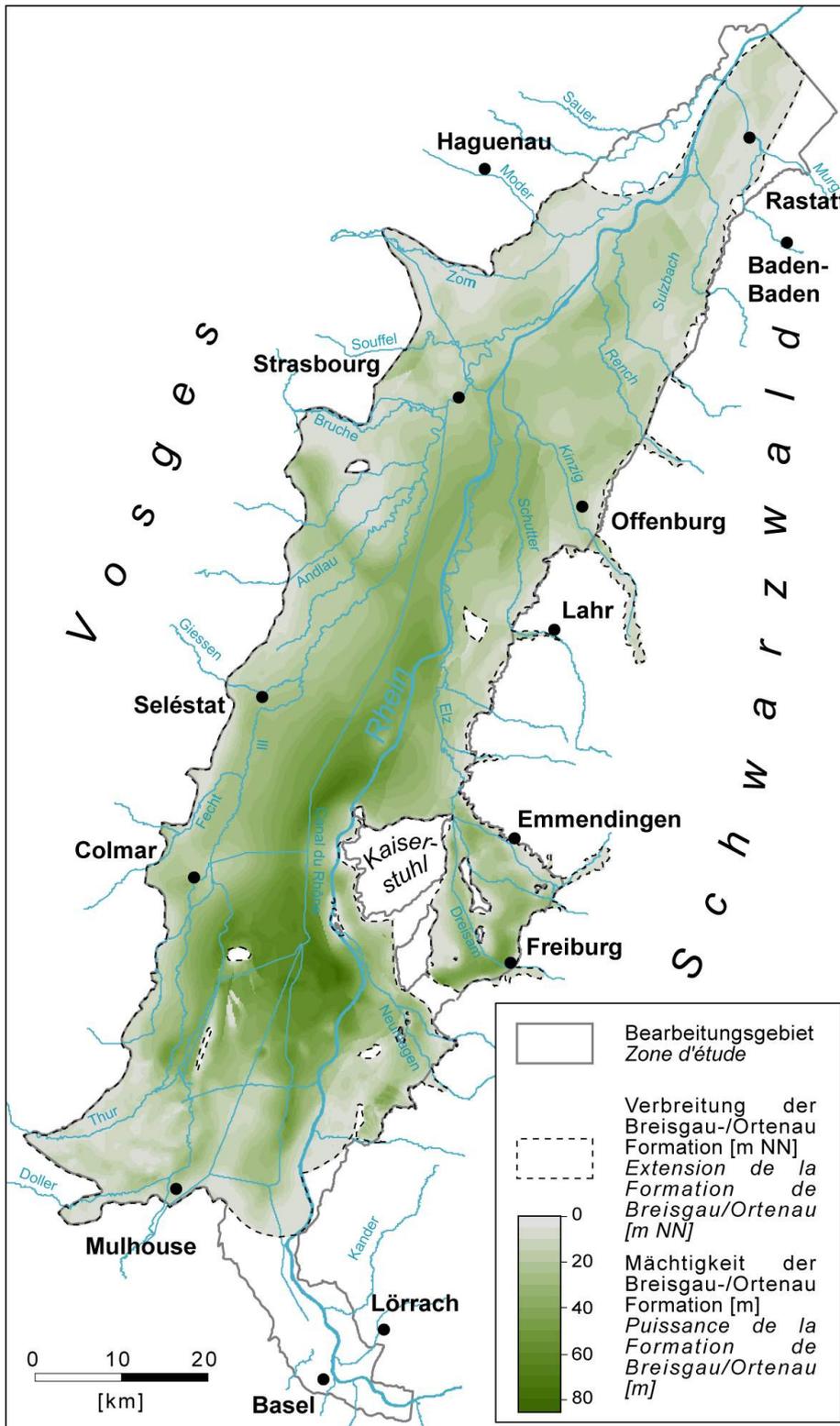


Abbildung 10.14: Mächtigkeit der Breisgau/Ortenau-Formation.
 Figure 10.14: Epaisseur de la Formation de Breisgau/Ortenau.

In der südwestlich vom Kaiserstuhl gelegenen „Senke von Geißwasser“ und in einem Becken bei Marckolsheim (nordwestlich vom Kaiserstuhl) ist die Breisgau-Formation ca. 190 Meter bzw. ca. 160 Meter mächtig. Auf den domartigen Aufwölbungen wie dem Meyenheimer Dom dünnt sie auf

Dans le "Bassin de Geiswasser" au SW du Kaiserstuhl et dans celui de Marckolsheim au NW du Kaiserstuhl la Formation de Breisgau atteint respectivement environ 190 m et 160 m d'épaisseur. Sur la voussure du dôme de Meyenheim elle s'amincit jusqu'à peine 10 m et manque totalement

wenige Meter Mächtigkeit aus. Auf dem Hettenschlager Dom fehlt sie vollständig (Abb. 10.3). In der Freiburger Bucht erreicht die Breisgau-Formation ihre größte Mächtigkeit mit 100 m in der Thermalbohrung Freiburg 1 (LGRB-Nr. 7812/257) und in den geothermischen Erkundungsbohrungen Weingarten (LGRB-Nr. 7812/176 und 177) westlich des Stadtgebietes von Freiburg. Im Bereich des Teninger Allmend nördlich von Reute liegen die Mächtigkeiten zwischen 40 und 60 m.

10.2.5 RIEGEL-HORIZONT (RH)

10.2.5.1 VERBREITUNG UND ISOLINIENPLAN DER OBERFLÄCHE DES RIEGEL-HORIZONTES

Der Riegel-Horizont tritt in der Freiburger Bucht auf. In Abbildung 10.15 sind die Verbreitung des Riegel-Horizontes und ein Isolinienplan der Oberfläche der Einheit dargestellt. Im Bereich zwischen Riegel und Nimburg ist der Riegel-Horizont in seiner typischen lithologischen Beschaffenheit (siehe Kap. 9.7) ausgebildet. Im weiteren Verbreitungsgebiet wurden dieser hydrogeologischen Einheit alle Feinsedimente zugeordnet, die im vergleichbaren Höhenniveau auftreten.

Der Riegel-Horizont ist von der Nordgrenze des Bearbeitungsgebietes bis südöstlich von Nimburg verbreitet und reicht entlang der Emmendinger Vorbergzone bis auf die Höhe von Vordersexau. Innerhalb dieses Verbreitungsgebietes sind nördlich von Nimberg sowie westlich von Emmendingen zwei „Fenster“ vorhanden. Die hydrogeologische Einheit ist auch zwischen dem Kaiserstuhl und dem Nimberg ausgebildet. Sie reicht im Süden bis an den Lehener Berg. Südwestlich einer Linie von Tiengen nach Schallstadt/Wolfenweiler treten innerhalb der Feinsedimente der Mengener Brücke feinklastische Schichten mit organischen Bestandteilen auf, die aufgrund der lithologischen Ausbildung dem Riegel-Horizont zugewiesen wurden.

sur le dôme du Hettenschlag (Fig. 10.3).

Dans le Bassin de Freiburg la plus grande épaisseur de la Formation de Breisgau est de 100 m dans le forage thermal de Freiburg 1 (LGRB-N° 7812/257) et dans les forages de reconnaissance géothermique de Weingarten à l'Ouest de l'agglomération de Freiburg (LGRB-N° 7812/176 et 177). Dans le secteur du Teninger Allmend au Nord de Reute les épaisseurs vont de 40 à 60 m.

10.2.5 HORIZON DE RIEGEL (RH)

10.2.5.1 EXTENSION ET ISOHYPSES DU SOMMET DE L'HORIZON DE RIEGEL

Cet horizon apparaît dans le Bassin de Freiburg. La figure 10.15 représente l'extension et les isohypses du sommet de l'horizon de Riegel. C'est dans le secteur situé entre Riegel et Nimburg que cet horizon est particulièrement typique du point de vue lithologique (*cf.* chapitre 9.7). Dans le reste du domaine d'extension on a attribué à cette unité hydrogéologique tous les niveaux de sédiments fins apparaissant à une altitude comparable.

L'horizon de Riegel s'étend depuis la limite nord de la zone d'étude jusqu'au SE de Nimburg et longe la zone de collines du piémont d'Emmendingen jusqu'à la hauteur de Vordersexau. Deux "fenêtres" existent à l'intérieur de ce domaine à l'Ouest d'Emmendingen et au Nord du Nimberg. L'unité hydrogéologique est aussi développée entre le Kaiserstuhl et le Nimberg. Elle atteint au Sud le Lehener Berg. Au SW d'une ligne allant de Tiengen à Schallstadt/Wolfenweiler apparaissent au sein des sédiments fins au seuil de Mengen (Mengener Brücke) des couches clastiques fines à matériaux organiques que l'on attribue à l'horizon de Riegel.

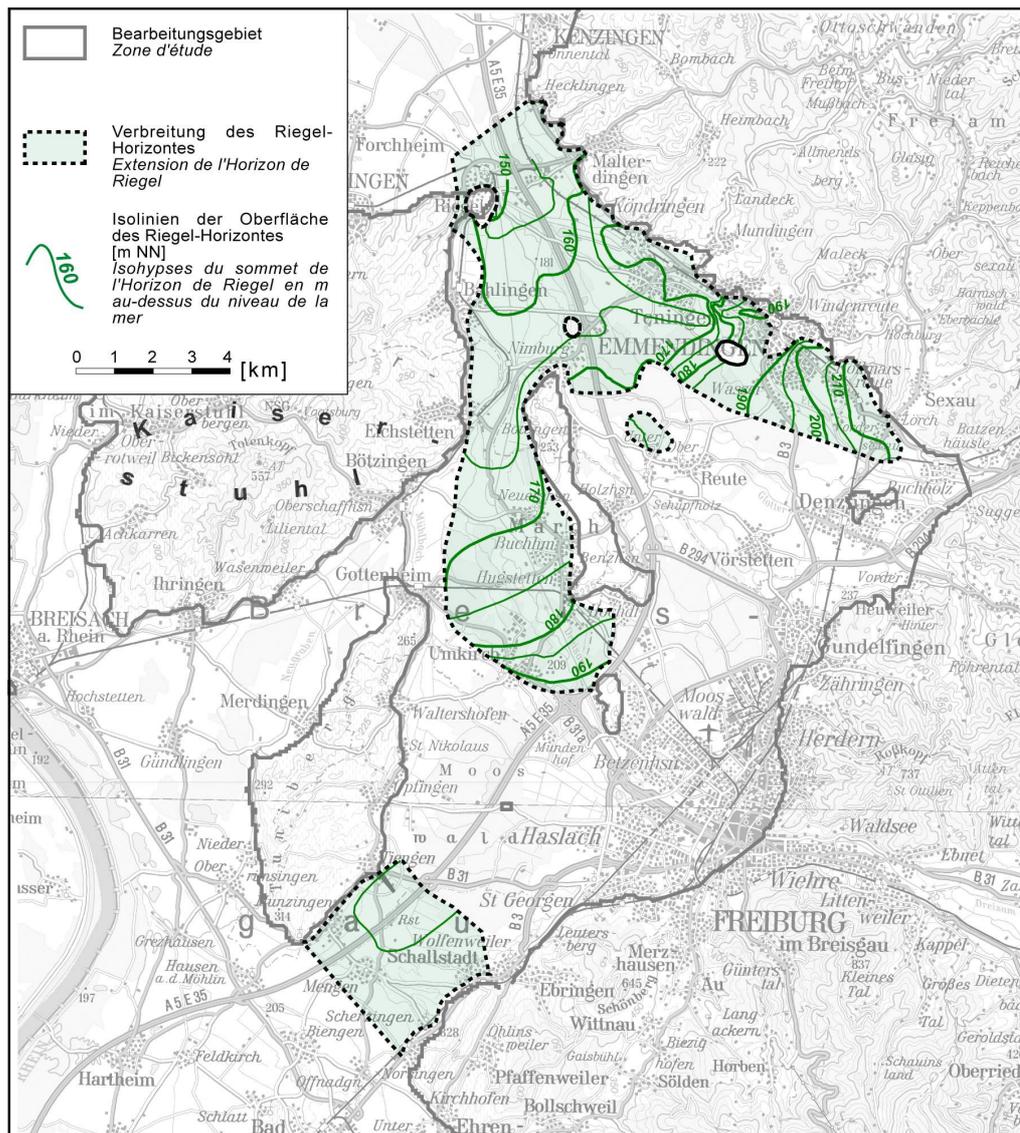


Abbildung 10.15: Verbreitung und Isolinenplan der Oberfläche des Riegel-Horizontes (Freiburger Bucht).
 Figure 10.15: Répartition et isohypses du sommet de l'Horizon de Riegel (Bassin de Freiburg).

10.2.5.2 MÄCHTIGKEIT DES RIEGEL-HORIZONTES

Der Riegel-Horizont bzw. die Feinsedimente in seinem Niveau wurden im Untersuchungsgebiet in 124 Bohrungen angetroffen. Die Basis der Einheit wurde in 65 Bohrungen durchteuft. Die hydrogeologische Einheit erreicht ihre größte Mächtigkeit von über 7 m bei der Mengener Brücke zwischen Mengen und Munzingen. Im übrigen Verbreitungsgebiet ist die Einheit bis zu 4 Meter mächtig (Abb. 10.16).

10.2.5.2 ÉPAISSEUR DE L'HORIZON DE RIEGEL

L'Horizon de Riegel ainsi que les sédiments fins se trouvant à la même altitude ont été rencontrés dans 124 forages, leur base a été touchée dans 65 forages. L'unité hydrogéologique atteint sa plus grande épaisseur de plus de 7 m dans le secteur du seuil de Mengen (Mengener Brücke) entre Mengen et Munzingen. Dans le restant de sa zone d'extension l'unité mesure moins de 4 m d'épaisseur (Fig. 10.16).

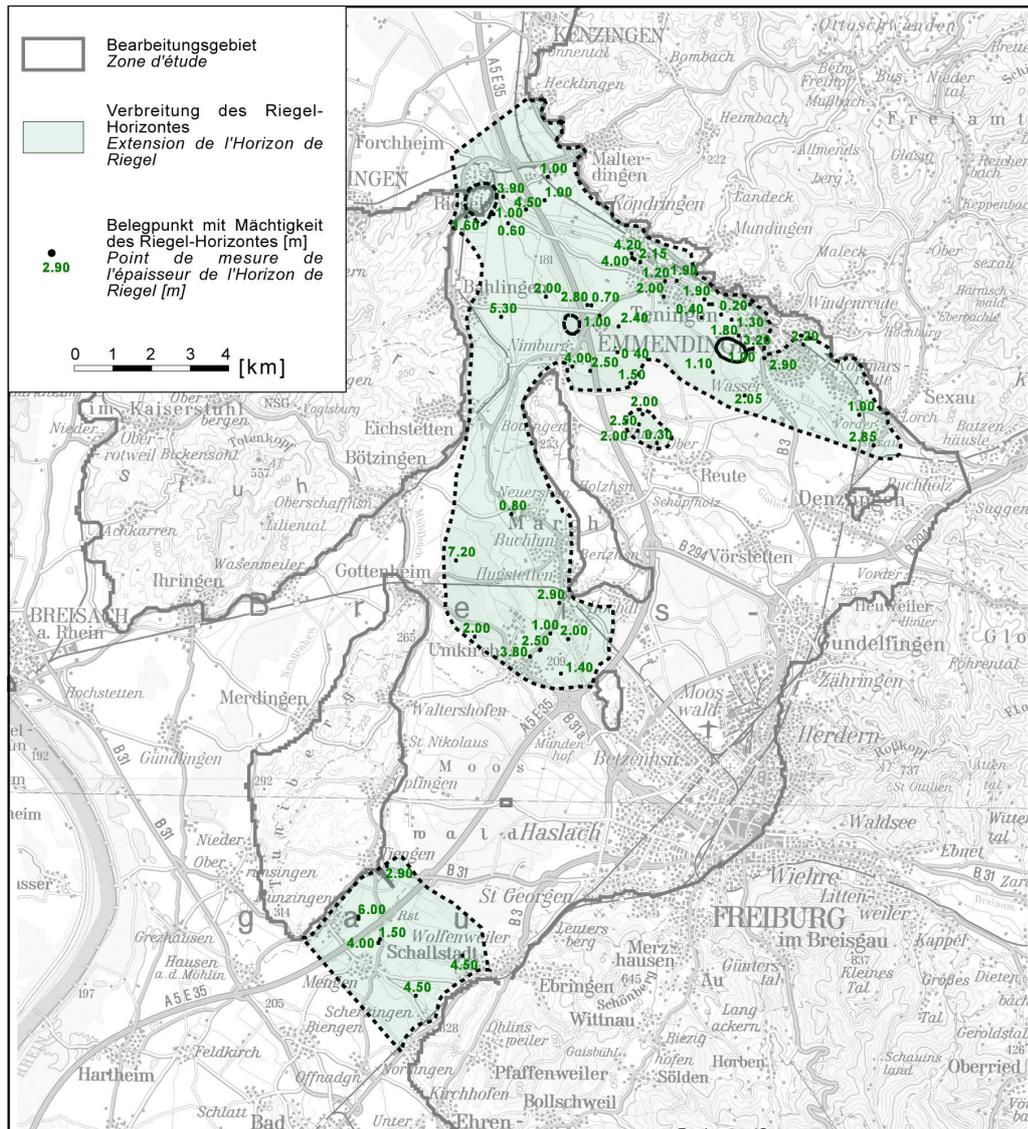


Abbildung 10.16: Mächtigkeit des Riegel-Horizontes.
Figure 10.16: Epaisseur de l'Horizon de Riegel.

10.2.6 FEINSEDIMENTE DER MENGENER BRÜCKE

Die Feinsedimente der Mengener Brücke trennen den Kieskörper in der Freiburger Bucht im Norden von dem der südlich angrenzenden Niederterrasse des Rheins im Oberrheingraben (Abb. 10.17). Sie liegen direkt auf der Festgesteinsoberfläche auf, die im Raum Schallstadt/Wolfenweiler von dem mitteljurassischen Haupttrogenstein gebildet wird (Bohrung GWM Munzingen II, LGRB Archiv.-N^o 8012/265).

10.2.6 SÉDIMENTS FINS DU SEUIL DE MENGEN (MENGENER BRÜCKE)

Les sédiments fins du seuil de Mengen séparent la masse des graviers du Bassin de Freiburg au Nord de la basse-terrasse voisine au Sud (Fig. 10.17). Ils reposent directement sur la Grande oolite (Jurassique moyen) dans le secteur Schallstadt/Wolfenweiler (forage GWM Munzingen II, LGRB Archiv.-N^o 8012/265).

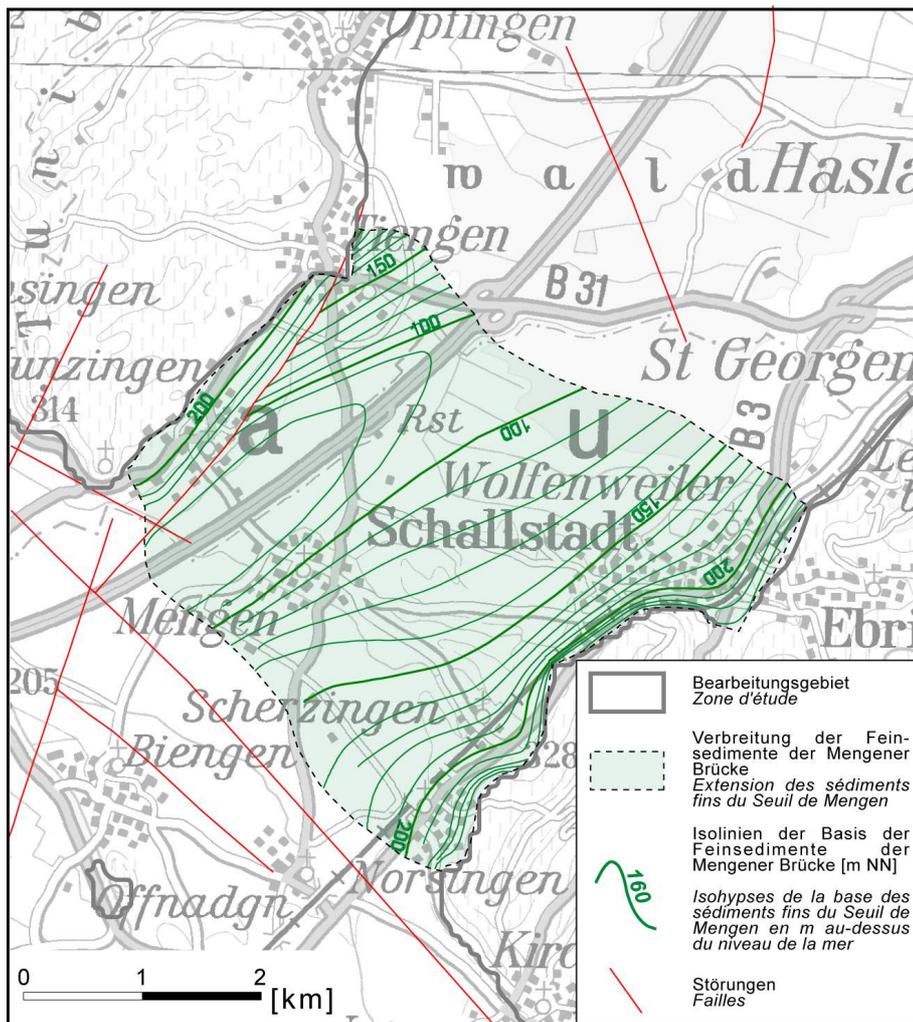


Abbildung 10.17: Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Feinsedimente der Mengener Brücke
 Figure 10.17: Répartition et isohypses de la base des sédiments fins du seuil de Mengen

Die Feinsedimente der Mengener Brücke erreichen eine Mächtigkeit von bis ca. 130 Meter. Randlich werden sie sowohl im Norden als auch im Süden von Kiesen der Neuenburg-Formation überlagert.

Les sédiments fins du seuil de Mengen atteignent une épaisseur de 130 m et sont recouverts au Nord comme au Sud par des graviers de la Formation de Neuenburg.

10.2.7 IFFEZHEIM-FORMATION / FLUVIATILES JUNG-TERTIÄR (qIS,tTF)

10.2.7 FORMATION D'IFFEZHEIM / TERTIAIRE FLUVIATILE RECENT (qIS, tF)

10.2.7.1 VERBREITUNG UND ISOLINIENPLAN DER BASIS DER IFFEZHEIM-FORMATION/ FLUVIATILES JUNG-TERTIÄR

10.2.7.1 EXTENSIONS ET ISOHYPSES DE LA BASE DE LA FORMATION D'IFFEZHEIM

Die beiden geologischen Einheiten Iffezheim-Formation und fluviatiles Jungtertiär wurden zu einer hydrogeologischen Kartiereinheit zusammengefasst, da sie sich in den Bohrprofilen lithologisch häufig nicht unterscheiden lassen und sie

Du fait que les deux formations géologiques ne peuvent généralement pas être distinguées dans les coupes de forages et qu'elles ont des propriétés hydrogéologiques semblables, les deux unités géologiques ont été regroupées en une seule unité

hydrogeologisch ähnliche Eigenschaften aufweisen. Außerdem ist derzeit noch nicht geklärt, ob sich die beiden Einheiten überschneiden. Die Kartiereinheit wurde lediglich im badischen Teil des Untersuchungsgebietes dargestellt (Abb. 10.18). Ihre Basis ist nur durch relativ wenige Stützstellen belegt. Bei der Konstruktion der Karte wurde davon ausgegangen, dass tektonische Prozesse einen wesentlichen Einfluss auf die Verbreitung der Einheit haben. In den Erläuterungen zur HGK Lahr (HGK, 1980: Abb. 3.1) ist die früher angenommene ungefähre südliche Verbreitungsgrenze des Pliozän dargestellt. Danach fehlt das Pliozän im Süden des Bearbeitungsgebietes ungefähr südöstlich der Linie Oberschopfheim – Langenwinkel – Grafenhausen – Rust – Schönau.

cartographique hydrogéologique. On ne sait d'ailleurs pas si les deux unités ne se recouvrent pas. La figure 10.18 représente cette unité dans la partie badoise du territoire étudié. La base de l'unité n'a été que rarement observée ; lors de l'établissement de la carte on a considéré que des processus tectonique avaient influé sur son extension. La limite sud de l'extension de l'unité autrefois admise (notice de la carte hydrogéologique de Lahr, HGK 1980: Fig. 3.1) était celle du Pliocène. De ce fait le Pliocène manquerait dans la zone d'étude au SE d'une ligne Oberschopfheim-Langenwinkel-Grafenhausen-Rust-Schönau.

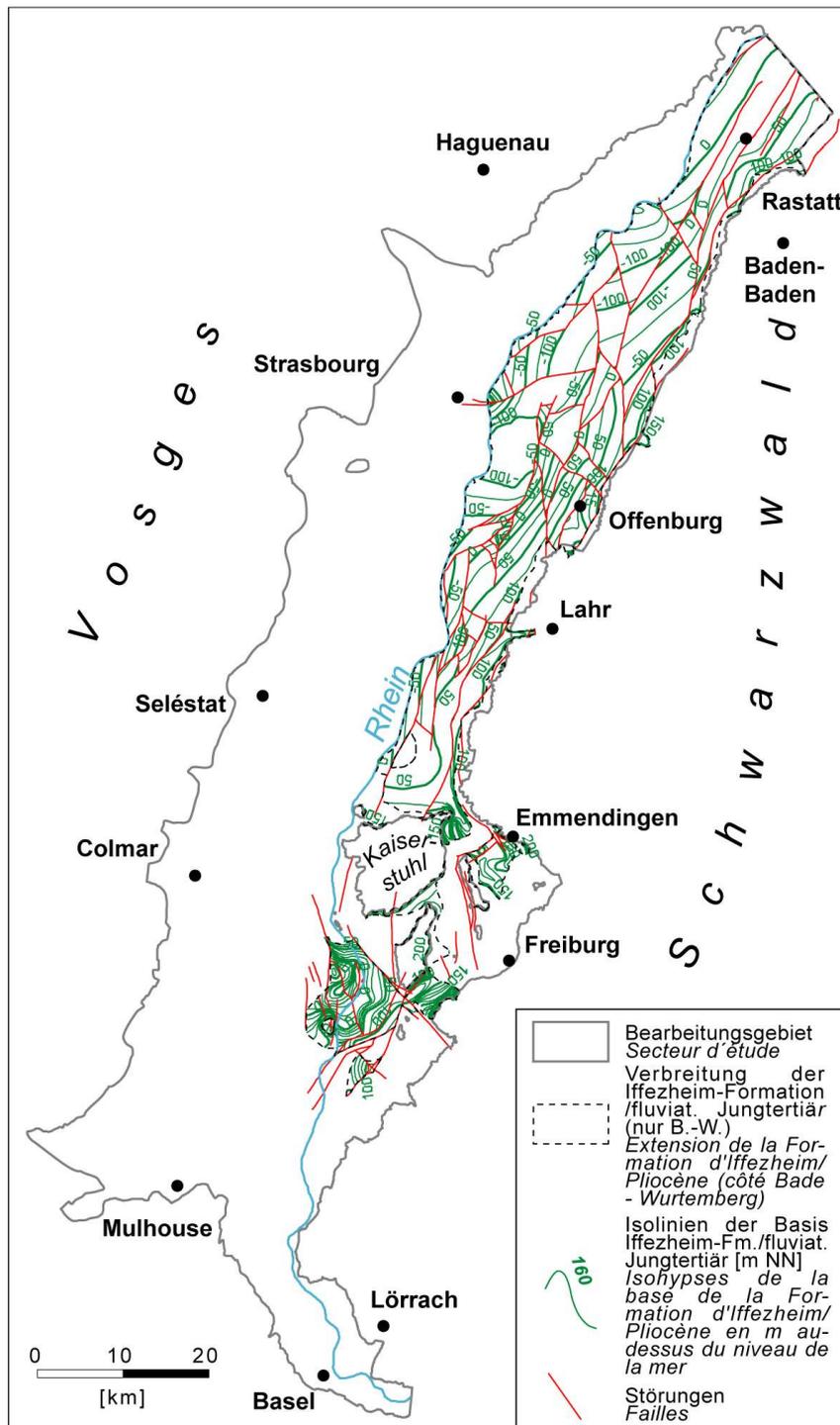


Abbildung 10.18: Verbreitung und Isolinenplan der Basis Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär.
 Figure 10.18: Répartition et isohypses de la base de l'unité cartographique de la Formation d'Iffezheim.

Bohrungen, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden, belegen, dass die Einheit auch im zentralen Teil des Grabens südlich des Kaiserstuhls und in der Freiburger Bucht zwischen dem Nimberg und der Vorbergzone bei Emmendingen vorhanden ist. Nördlich des Kaiserstuhls fehlt sie lediglich entlang eines schmalen Saumes am Nordrand des Kaiserstuhls (Bereich Sasbach, Königsschaff-

La présence de la formation dans la partie centrale du Fossé au Sud du Kaiserstuhl et dans le Bassin de Freiburg entre le Nimberg et les collines d'Emmendingen a été prouvée par les forages de ces dernières années. Au Nord du Kaiserstuhl elle manque seulement le long d'un liséré en bordure du Kaiserstuhl (secteur de Sasbach, Königsschaff-

hausen, Endingen bis nördlich von Wyhl) sowie in einem kleinen Gebiet zwischen Weisweil und Rheinhausen (LGRB Archiv-Nr. Bo 7812/258). Am Ostrand endet die Verbreitung der Kartiereinheit an Störungen.

Insbesondere im Gebiet von der Riegeler Pforte nach Norden bis in den Raum Rheinau – Kappel – Kippenheim erreichen nur sehr wenige Bohrungen die Lockergesteinsbasis bzw. die Basis der Breisgau-Formation. Die südlich davon verlaufende Verbreitungsgrenze der Kartiereinheit Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär ist deshalb unsicher. Die dargestellte Verbreitung beruht darauf, dass im Bereich der Riegeler Pforte und in der südlich daran anschließenden Freiburger Bucht die Iffezheim-Formation in zahlreichen Bohrungen angetroffen wurde und in den Schichtbeschreibungen eindeutig zu identifizieren ist. Die Basis der Iffezheim-Formation liegt am Ausgang der Riegeler Pforte bei ca. 100 mNN.

Schwemmlössvorkommen am Rand der Vorbergzone bzw. des Kaiserstuhls, die direkt über der Kartiereinheit Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär liegen oder an diese randlich grenzen, wurden ebenfalls in diese Kartiereinheit einbezogen. Dies ist z.B. entlang des Nordrandes des Kaiserstuhls der Fall (Anlage, Längsschnitt).

10.2.7.2 MÄCHTIGKEIT DER KARTIEREINHEIT IFFEZHEIM-FORMATION/FLUVIATILES JUNGTERTIÄR

Die Kartiereinheit wurde im Bearbeitungsgebiet in 434 Bohrungen angetroffen. Ihre Basis wurde in 125 Bohrungen erreicht. Vor allem im Gebiet Offenburg-Kehl bis Rheinau wurden die Ergebnisse reflektionsseismischer Messungen für die Festlegung der Basis der Kartiereinheit herangezogen. Die Kartiereinheit erreicht eine Mächtigkeit von ca. 80 Meter. Die größten Mächtigkeiten treten im Gebiet nordöstlich von Strasbourg auf. In der Abbildung 10.19 kommt deutlich der Einfluss von Störungen auf die Mächtigkeitsverteilung der Kartiereinheit zum Ausdruck.

que dans un petit secteur entre Weisweil et Rheinhausen (LGRB Archiv-N° Bo 7812/258). A l'Est la formation est interrompue par des failles.

Seuls quelques forages atteignent la base des alluvions ou même de la Formation de Breisgau entre la Porte de Riegel au Sud jusque dans la région de Rheinau-Kappel-Kippenheim vers le Nord. La limite d'extension vers le Sud de la Formation d'Iffezheim est de ce fait incertaine. L'extension représentée repose sur l'identification certaine de la Formation d'Iffezheim dans de nombreux forages dans le secteur de la Porte de Riegel et dans le Bassin de Freiburg plus au Sud. La base de la Formation d'Iffezheim se situe au débouché de la Porte de Riegel à environ 100 m d'altitude.

On a également inclus dans cette unité cartographique les loess remaniés qui surmontent la Formation d'Iffezheim en bordure de la zone du piémont ou du Kaiserstuhl. C'est le cas par exemple en bordure nord du Kaiserstuhl (annexe, coupe longitudinale).

10.2.7.2 EPAISSEUR DE L'UNITE CARTOGRAPHIQUE FORMATION D'IFFEZHEIM/TERTIAIRE FLUVIATILE RECENT

Cette unité cartographique a été rencontrée dans 434 forages et sa base trouvée dans 125 forages. Des mesures sismiques ont été prises en considération pour la détermination de la base de l'unité surtout dans le secteur entre Offenburg/Kehl et Rheinau.

L'unité cartographique peut atteindre 80 m d'épaisseur environ ; les plus grandes épaisseurs se rencontrent au NE de Strasbourg. La figure 10.19 montre l'influence de failles sur la répartition des épaisseurs de l'unité cartographique.

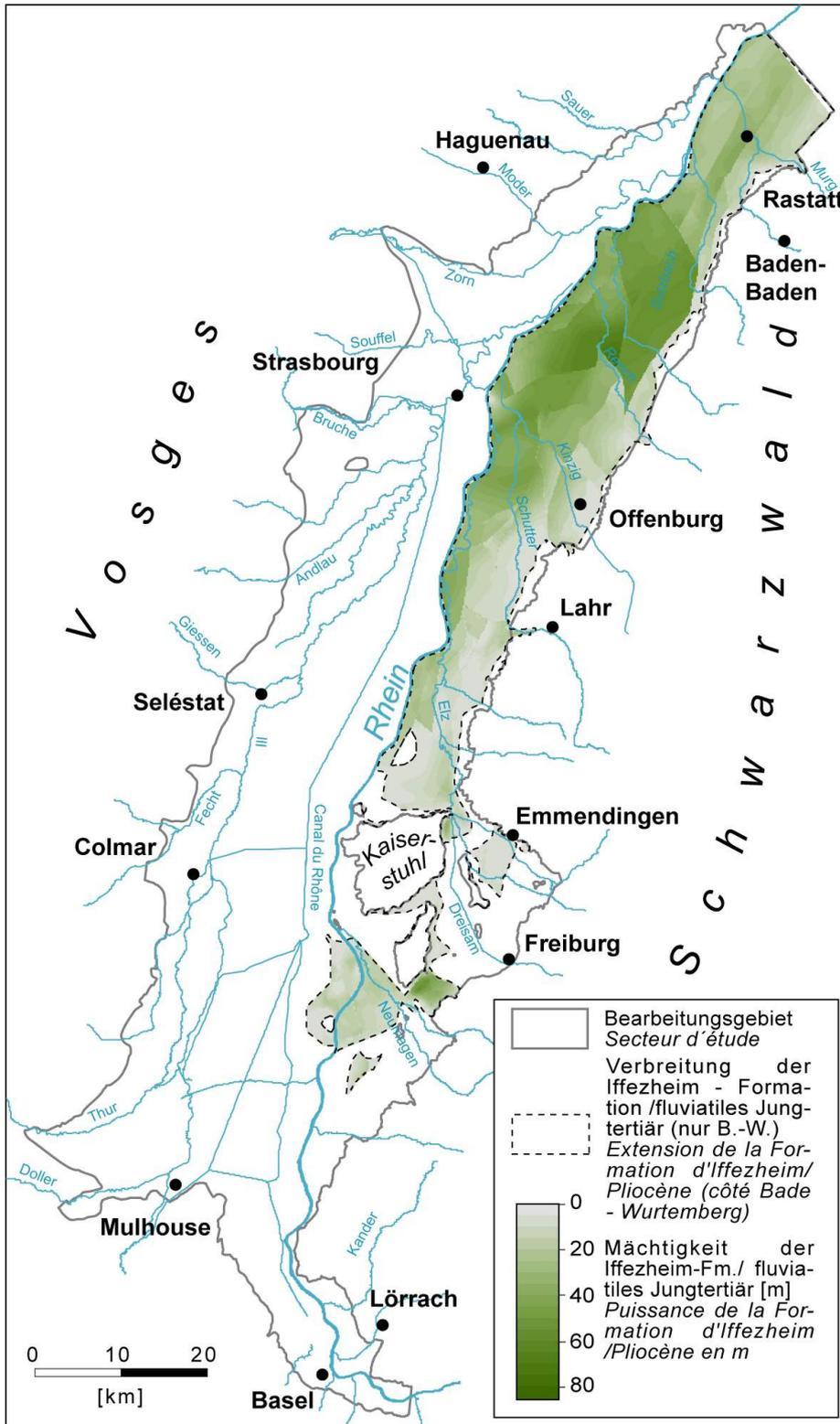


Abbildung 10.19 Mächtigkeit der Kartiereinheit Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär.
 Figure 10.19: Epaisseur de l'unité cartographique d'Iffezheim/Tertiaire fluviatile récent.

10.3 ABGELEITETE KARTIERTHEMEN

In der Abbildung 10.20 ist die Aquiferbasiskarte, in der Abbildung 10.21 die Verbreitung und Basis der Lockergesteine (nur Baden) dargestellt. Diese

10.3 CARTOGRAPHIES

La figure 10.20 représente le substratum des aquifères, la figure 10.21 l'extension et la base des alluvions (en Bade exclusivement). Ces cartogra-

Themen wurden durch Verknüpfung der jeweiligen Grundthemen generiert.

Im Isolinenplan der Aquiferbasis (Abb. 10.20) fällt auf, dass die Fläche auf badischer Seite wesentlich stärker von Störungen durchsetzt ist als auf der elsässischen Seite. Hierin kommt die Heterogenität der heutigen Kenntnisse deutlich zum Ausdruck. Auf elsässischer Seite wurde im Wesentlichen die Kiesbasis aus älteren Kartierungen anhand von geoelektrischen Messungen übernommen, die von einer durch fluviatile Prozesse geprägten Topographie ausgehen. Auf badischer Seite dagegen ermöglichte die Datendichte eine aktuellere Überarbeitung, der die Annahme zugrunde liegt, dass die Basis des Kiesgrundwasserleiters noch intensiv von tektonischen Bewegungen erfasst wurde, die im Zusammenhang mit der Grabenentwicklung stehen und die auch im Quartär noch wirksam waren. Hinweise hierauf geben u. a. die Ergebnisse reflektionsseismischer Untersuchungen.

Generell ist die Aquiferbasis südlich des Kaiserstuhls wesentlich kleinräumiger in Schwellen- und Becken gegliedert als nördlich davon. Ursache hierfür sind salztektonische Bewegungen, die im elsässischen und badischen Kalibecken noch bis in die Gegenwart anhalten.

phies sont déduites des autres cartes.

On remarque sur la figure 10.20 que la base de l'aquifère apparaît plus perturbée par des failles du côté badois que du côté alsacien. Ceci reflète l'hétérogénéité des connaissances actuelles. Côté alsacien on a repris en grande partie des cartes du substratum tracées à partir de campagnes de sondages électriques qui donnent un rendu du substratum rappelant une surface topographique modelée par des processus fluviatiles. Côté badois par contre les données ont permis de retravailler le substratum d'après les conceptions récentes qui admettent que la base des graviers a été intensément déformée par des mouvements tectoniques en relation avec l'évolution du Fossé et qui se sont encore manifestés au Quaternaire. Ces conceptions sont confortées par les campagnes récentes de sismique réflexion haute résolution.

L'agencement en bassins et seuils de la base de l'aquifère est en tout cas beaucoup plus marqué au Sud du Kaiserstuhl qu'au Nord, en raison des mouvements ayant pour origine la tectonique salifère encore active actuellement dans le bassin potassique aussi bien en Alsace qu'au pays de Bade.

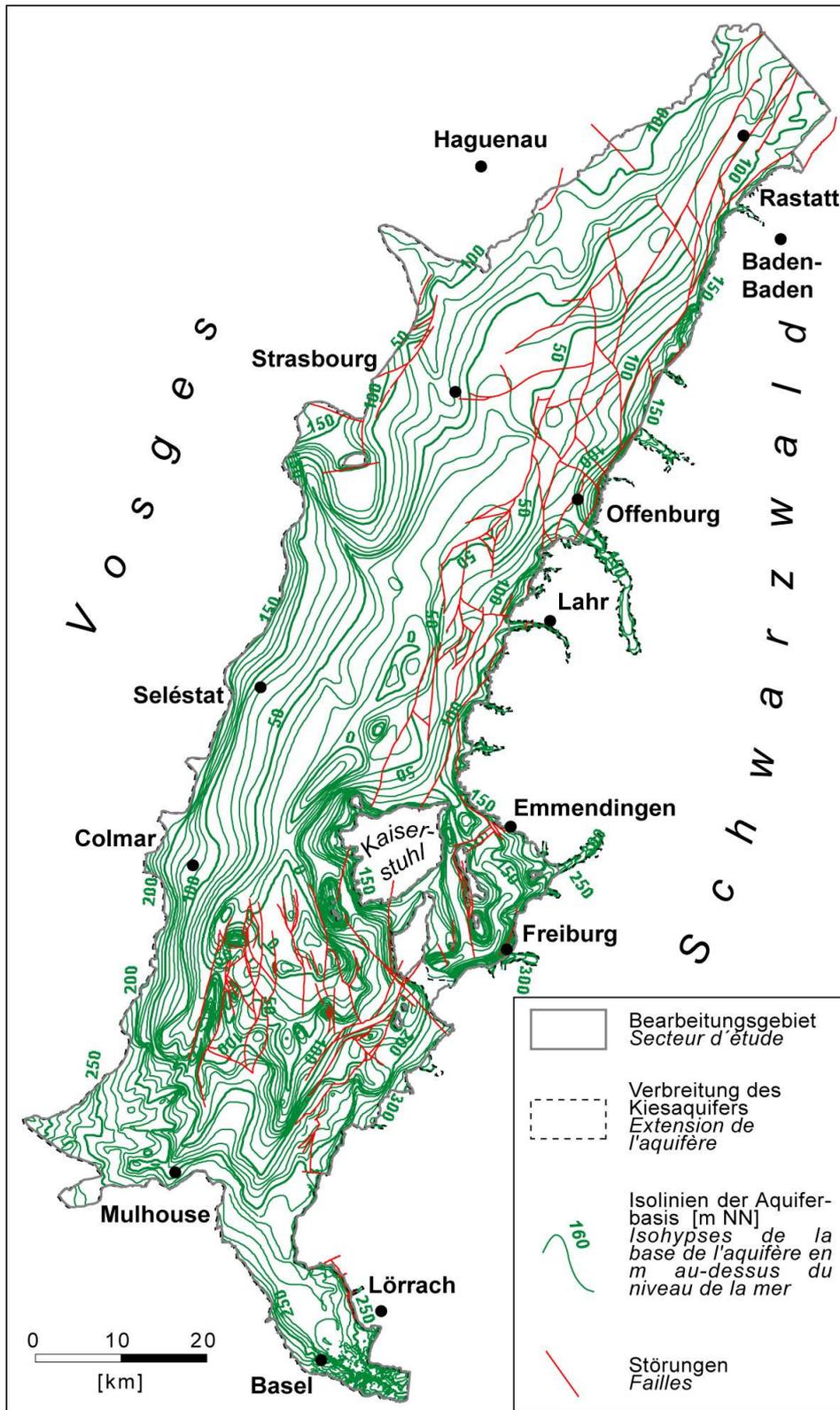


Abbildung 10.20: Isolinienplan der Aquiferbasis.
 Figure 10.20: Carte en courbes de niveau de la base de l'aquifère (substratum).

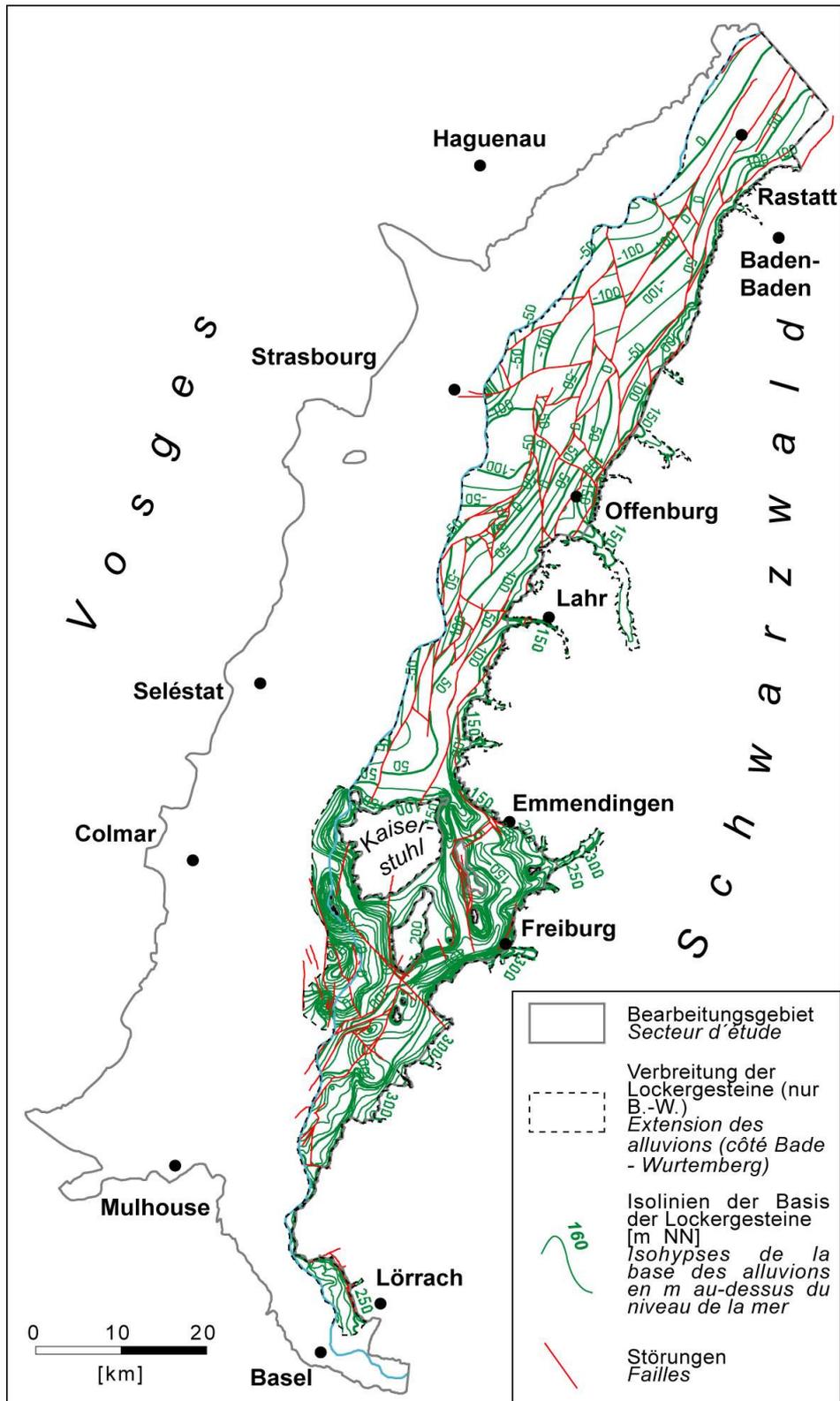


Abbildung 10.21: Isolinenplan der Lockergesteinsbasis (nur badische Seite).
 Figure 10.21: Carte en courbes de niveau de la base des alluvions (côté badois seulement).

11 Hydraulische Eigenschaften der hydrogeologischen Einheiten

Propriétés hydrodynamiques des unités hydrogéologiques

Für die hydrogeologischen Einheiten Neuenburg-Formation (aufgeteilt in oberen und unteren Abschnitt) sowie Breisgau-/Ortenau-Formation (aufgeteilt in oberen und unteren Abschnitt) wurden hydraulische Durchlässigkeiten ermittelt.

11.1 METHODIK

Die Grenzziehung zwischen oberem und unterem Abschnitt der Neuenburg-Formation bzw. oberem und unterem Abschnitt der Breisgau-/Ortenau-Formation erfolgte in Anlehnung an die Groblagen, die die Basis der oberen und Unteren Neuenburg- bzw. Breisgau-/Ortenau-Schichten bilden [ELLWANGER et al. 2003]. Diese Lagen konnten in zu wenigen Bohrungen eindeutig identifiziert werden, um die Grenzflächen im Bearbeitungsmaßstab 1 : 50 000 zu kartieren. Deshalb wurden die beiden Grenzen näherungsweise festgelegt. Nach der statistischen Auswertung der Bohrungen, in denen die Grenzen eindeutig identifiziert werden konnten, wurde für den oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation eine generelle Mächtigkeit von 20 Meter angenommen. In der Breisgau-/Ortenau-Formation wurden jeweils die oberen 45 % der Gesamtmächtigkeit dem oberen Abschnitt zugeordnet. Dieses Verteilungsmuster wurde auch auf die Sedimente der Freiburger Bucht angewandt.

Entsprechend der Position der Filterstrecke in den Brunnen und Grundwassermessstellen wurden die Durchlässigkeiten der jeweils getesteten hydrogeologischen Einheit zugeordnet. Dabei wurde auf deutscher [HERRMANN et al. 1996] und franzö-

Les perméabilités des différentes unités hydrogéologiques ont été évaluées : Formation de Neuenburg (subdivisée en partie supérieure et inférieure), Formation de Breisgau/Ortenau (également subdivisée en partie supérieure et inférieure).

11.1 MÉTHODOLOGIE

La limite entre les parties supérieure et inférieure de la Formation de Neuenburg ou de la Formation de Breisgau/Ortenau est définie d'après les niveaux grossiers qui marquent la base de ces formations [ELLWANGER et al. 2003]. Mais ces critères ne sont applicables que dans peu de forages et ne permettent pas de cartographier les interfaces entre les unités à l'échelle de travail du 1/50 000. C'est pourquoi il a fallu s'aider d'approximations. On a ainsi pris une épaisseur constante de 20 m pour la partie supérieure de la Formation de Neuenburg d'après la moyenne des épaisseurs observées dans les sondages où il était possible d'identifier la base de cette sous-unité. Pour la Formation de Breisgau/Ortenau on a attribué les 45 % supérieurs de l'épaisseur totale à la partie supérieure de cette formation. On a procédé avec les mêmes répartitions dans le Bassin de Freiburg.

Les perméabilités ont ensuite été attribuées aux différentes sous-unités en fonction de la position de la crépine par rapport aux cotes de ces sous-unités. On a utilisé pour cela les données de résultats de pompages d'essais déjà rassemblées tant

sischer Seite (BRAR-Datenbank) auf vorhandene Zusammenstellungen von Pumpversuchsergebnissen zurückgegriffen. Die Qualität der hydraulischen Daten ist sehr heterogen. Bei einigen Pumpversuchen konnte die Transmissivität lediglich abgeschätzt werden (Quotient Entnahmerate/Absenkung). Die meisten Versuche wurden mit dem so genannten Geradlinienverfahren und dem Wiederanstiegsverfahren (Horner-Plot) nach COOPER & JACOB ausgewertet [HERRMANN et al. 1996].

Aus der Transmissivität (T) und der Filterlänge (H) wurde der Quotient (T/H) berechnet. Die so ermittelten Werte repräsentieren in aller Regel die besser durchlässigen Abschnitte innerhalb der jeweiligen Tiefenstufe.

Die Bearbeitung erfolgte in folgenden Arbeitsschritten:

- Ermittlung des hydrogeologischen Kurzprofils für jeden Pumpbrunnen bzw. jede Messstelle aus den Rasterdatensätzen. Dieser Arbeitsschritt war erforderlich, da für zahlreiche Messstellen kein Schichtenverzeichnis vorlag.
- Zuordnung des Pumpbrunnens bzw. der Messstelle zu der getesteten hydrogeologischen Einheit. Hierzu wurde die Filterposition mit dem ermittelten hydrogeologischen Kurzprofil in Bezug gesetzt.
- Für die weitere Bearbeitung wurden nur die Pumpversuchsergebnisse von Pumpbrunnen und Grundwassermessstellen verwendet, deren Filterstrecke mindestens zu 75 % in einer hydrogeologischen Einheit liegt.

11.2 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Durchlässigkeitsuntersuchungen wurden getrennt nach den hydrogeologischen Einheiten als Histogramme und in ihrer räumlichen Verteilung dargestellt.

côté allemand [HERRMANN et al. 1996] que français (BRAR). La qualité des données hydrodynamiques est très hétérogène. Pour nombre de pompages d'essai on ne dispose que d'une estimation de la transmissivité faite en divisant le débit par le rabattement. La plupart des essais ont été interprétés par la méthode de Cooper et Jacob : droite de corrélation ou méthode de la remontée avec graphe de Horner [HERRMANN et al. 1996].

Le quotient T/H est calculé à partir de la transmissivité T et de la hauteur utile de la crépine H : il donne une estimation de la perméabilité des parties les plus perméables de la tranche aquifère concernée.

Les travaux se sont déroulés de la façon suivante :

- Détermination de la coupe hydrogéologique simplifiée au niveau de chaque ouvrage (puits ou piézomètre) d'après la maille correspondante de la grille ; en effet on n'a pas toujours de coupe géologique interprétable pour les ouvrages.
- Attribution de l'ouvrage (puits ou piézomètre) à un sous-niveau aquifère en fonction de la position de la crépine par rapport à la coupe hydrogéologique.
- Seuls les ouvrages dont la crépine se trouve au moins à 75 % à l'intérieur d'un sous-niveau aquifère sont retenus pour la suite du travail.

11.2 RÉSULTATS

Les résultats de l'étude des perméabilités sont présentés sous forme d'histogrammes pour chaque sous-niveau aquifère et chaque grand secteur d'étude.

11.2.1 STATISTISCHE KENNZAHLEN

In Tabelle 11.1 ist die Anzahl der Stützstellen für die jeweilige hydrogeologische Einheit sowie ihre mittlere Transmissivität und Durchlässigkeit zusammengefasst (nur baden-württembergischer Teil). Die Anzahl der Werte nimmt mit zunehmender Tiefenlage der getesteten hydrogeologischen Einheit stark ab.

11.2.1 STATISTIQUES

La table 11.1 présente le nombre d'ouvrages retenus pour chaque sous-niveau aquifère ainsi que les valeurs moyennes de transmissivité et de perméabilité (pour le côté badois seulement). Le nombre de valeurs diminue fortement avec la profondeur de l'unité hydrogéologique considérée.

Tabelle 11.1: Verteilung der Pumpversuche in den hydrogeologischen Einheiten sowie mittlere Transmissivität (T) und Durchlässigkeit (k_f), baden-württembergischer Teil des Untersuchungsgebietes.

Table 11.1 : Répartition des pompages d'essais par unités hydrogéologiques, statistiques de transmissivité (T) et de perméabilité (K_f), côté badois du secteur d'étude.

Hydrogeologische Einheit <i>Unité hydrogéologique</i>	Anzahl der verwendeten Pumpbrunnen <i>Nombre d'essais de pompage retenus</i>	Mittlere Transmissivität <i>Transmissivité moyenne</i> [m ² /s, * 10 ⁻²]	Transmissivität von... bis... <i>Transmissivité de... à...</i> [m ² /s, * 10 ⁻²]	Mittlere Durchlässigkeit <i>Perméabilité moyenne</i> [m/s, * 10 ⁻³]	Durchlässigkeit (von...bis...) <i>Perméabilité de... à...</i> [m/s, * 10 ⁻³]
Quartäre Kiese und Sande insgesamt <i>Ensemble des alluvions quaternaires</i>	787	1,66		2,51	
Oberer Abschnitt der Neuenburg-Formation <i>Couches de Neuenburg supérieures</i>	669	1,58	0.05 - 900	2,46	0.01 - 268.75
Unterer Abschnitt der Neuenburg-Formation <i>Couches de Neuenburg inférieures</i>	85	3,47	1,5 - 534	4,47	0.16 - 66
Oberer Abschnitt der Breisgau-Formation <i>Couches de Breisgau supérieures</i>	22	0,66	0.5 - 178	0,676	0.04 – 12.71
Unterer Abschnitt der Breisgau-Formation <i>Couches de Breisgau inférieures</i>	11	0,61	0.8 – 35.30	0,794	0.03 – 7.06

Die mittlere Durchlässigkeit aller Kiese und Sande im baden-württembergischen Teil des Untersuchungsgebietes liegt bei k_f = 2,5 * 10⁻³ m/s (Abb. 11.1). Für die Transmissivität ergibt sich ein Mittelwert von T = 1,66 * 10⁻² m²/s. Der Wert für die Durchlässigkeit liegt damit um das ca. 1,5-fache über dem Wert, der für die quartären Kiese und Sande im gesamten baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens von Basel bis Mannheim ermittelt wurde (k_f = 1,6 * 10⁻³ m/s, LGRB, 2002). Darin kommt die Tendenz zum Ausdruck, dass die

La perméabilité moyenne de l'ensemble des alluvions côté Bade-Wurtemberg du secteur d'étude est de l'ordre de k_f = 2,5 * 10⁻³ m/s (Fig. 11.1). La moyenne des transmissivités d'établit à environ T = 1,66 * 10⁻² m²/s. On notera que la valeur de perméabilité obtenue est environ de 50 % supérieure à celle calculée pour l'ensemble des alluvions de toute la partie du Fossé rhénan située au Bade-Wurtemberg entre Bâle et Mannheim et qui est de k_f = 1,6 * 10⁻³ m/s (LGRB, 2002). Ce fait reflète la tendance générale à la diminution de la granulomé-

Durchlässigkeitswerte generell von Süden nach Norden abnehmen.

Der Obere Abschnitt der Neuenburg-Formation ($k_f = 2,46 * 10^{-3}$ m/s) ist geringer durchlässig als der untere Abschnitt ($k_f = 4,47 * 10^{-3}$ m/s). Dagegen ist die mittlere Durchlässigkeit im oberen ($k_f = 6,76 * 10^{-4}$ m/s) und unteren Abschnitt der Breisgau-Formation ($k_f = 7,94 * 10^{-4}$ m/s) geringer als in der darüber liegenden Neuenburg-Formation (Tab. 11.1 und Abb. 11.2 – 11.5).

Entsprechend der Gliederung der Durchlässigkeiten nach der hydrogeologischen Kartieranleitung [AD-HOC-ARBEITSGRUPPE HYDROLOGIE 1997] ist die Neuenburg-Formation hoch durchlässig (Unterklasse 2.29), die Breisgau-Formation mittel durchlässig (Unterklasse 3.1).

trie et de la perméabilité dans les alluvions du Sud vers le Nord.

Les Couches de Neuenburg supérieures ($k_f = 2,46 * 10^{-3}$ m/s) sont moins perméables que les Couches de Neuenburg inférieures ($k_f = 4,47 * 10^{-3}$ m/s). Par contre les perméabilités des Couches de Breisgau supérieures ($k_f = 6,76 * 10^{-4}$ m/s) et inférieures ($k_f = 7,94 * 10^{-4}$ m/s) sont inférieures à celles des Couches de Neuenburg qui les surmontent (table 11.1 et figs. 11.2 à 11.5).

D'après la classification des perméabilités proposée par le manuel de cartographie hydrogéologique allemand [AD-HOC-ARBEITSGRUPPE HYDROLOGIE 1997] les Couches de Neuenburg sont très perméables (sous-classe 2.29), les couches de Breisgau moyennement perméables (sous-classe 3.1).

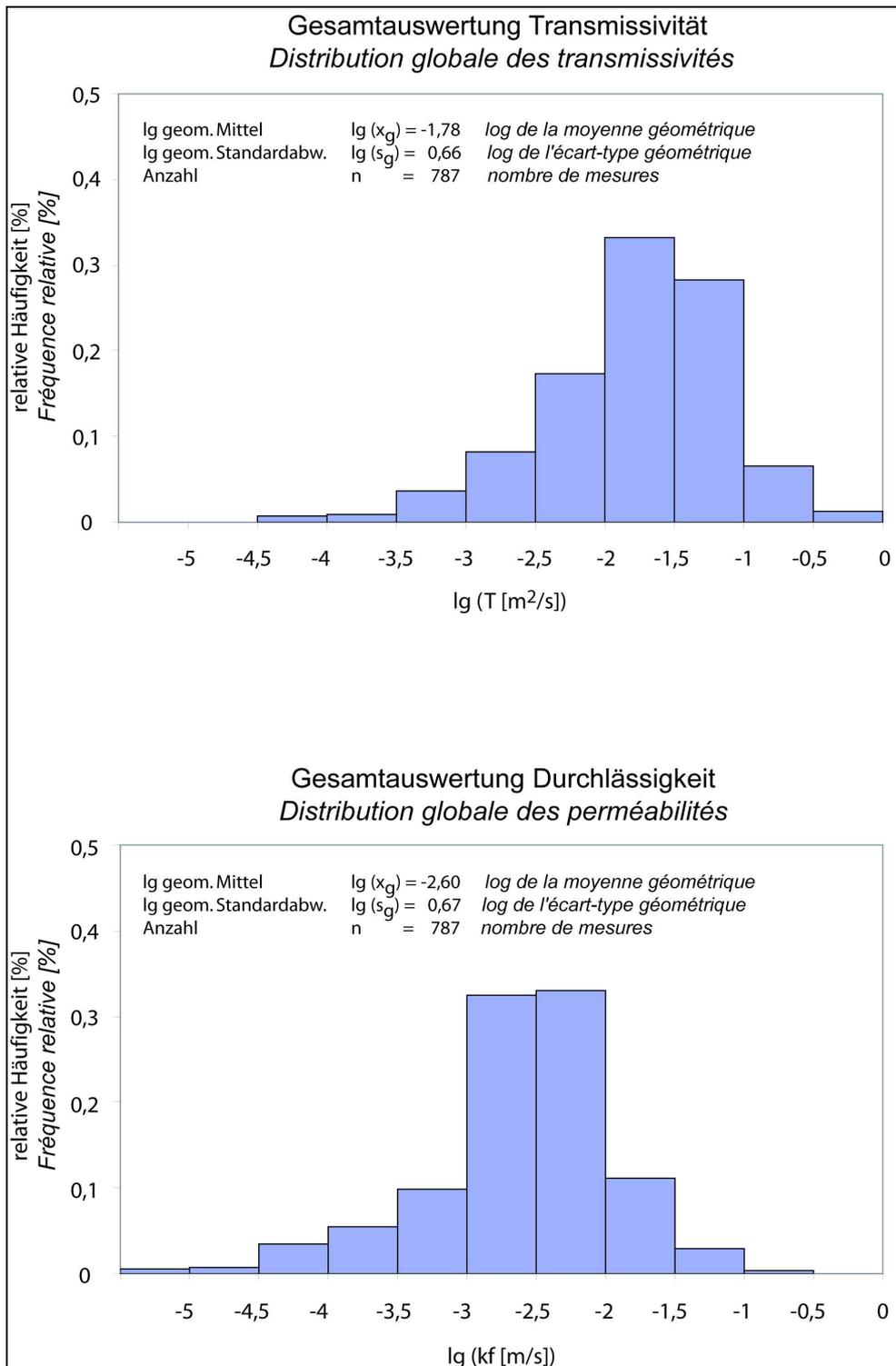


Abbildung 11.1: Häufigkeitsverteilung der Transmissivitäts- und Durchlässigkeitswerte (T - und k_f -Werte) für die quartären Kiese und Sande im Untersuchungsgebiet (nur baden-württembergischer Teil).

Figure 11.1: *Distribution des transmissivités (T) et des perméabilités (k_f) des alluvions quaternaires du secteur d'étude (côté Bade-Wurtemberg).*

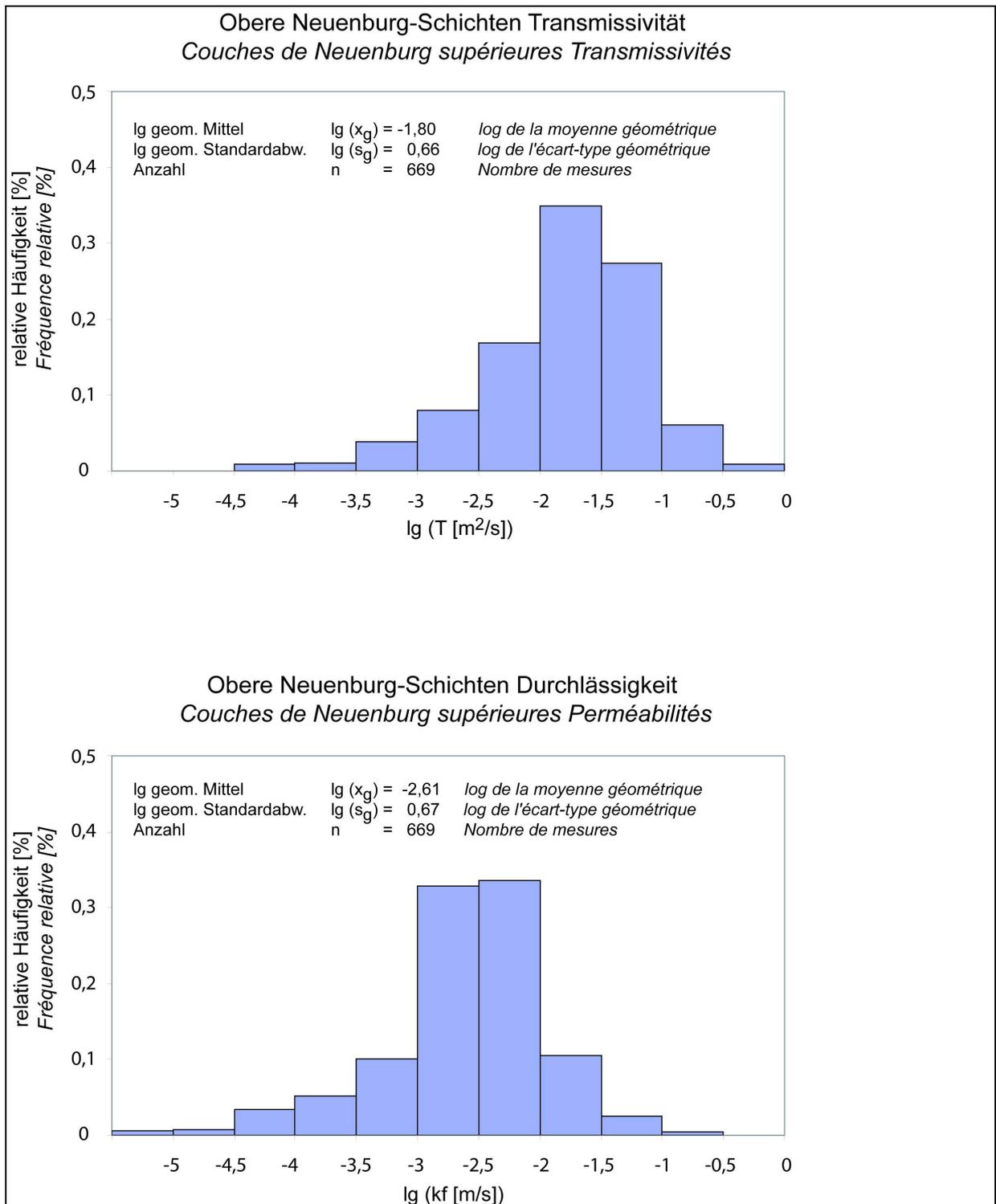


Abbildung 11.2: Häufigkeitsverteilung der Transmissivitäts- und Durchlässigkeitswerte (T - und k_f -Werte) für den oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation im Untersuchungsgebiet (nur baden-württembergischer Teil).

Figure 11.2: *Distribution des transmissivités (T) et des perméabilités (k_f) de la partie supérieure de la Formation de Neuenburg du secteur d'étude (côté Bade-Wurtemberg).*

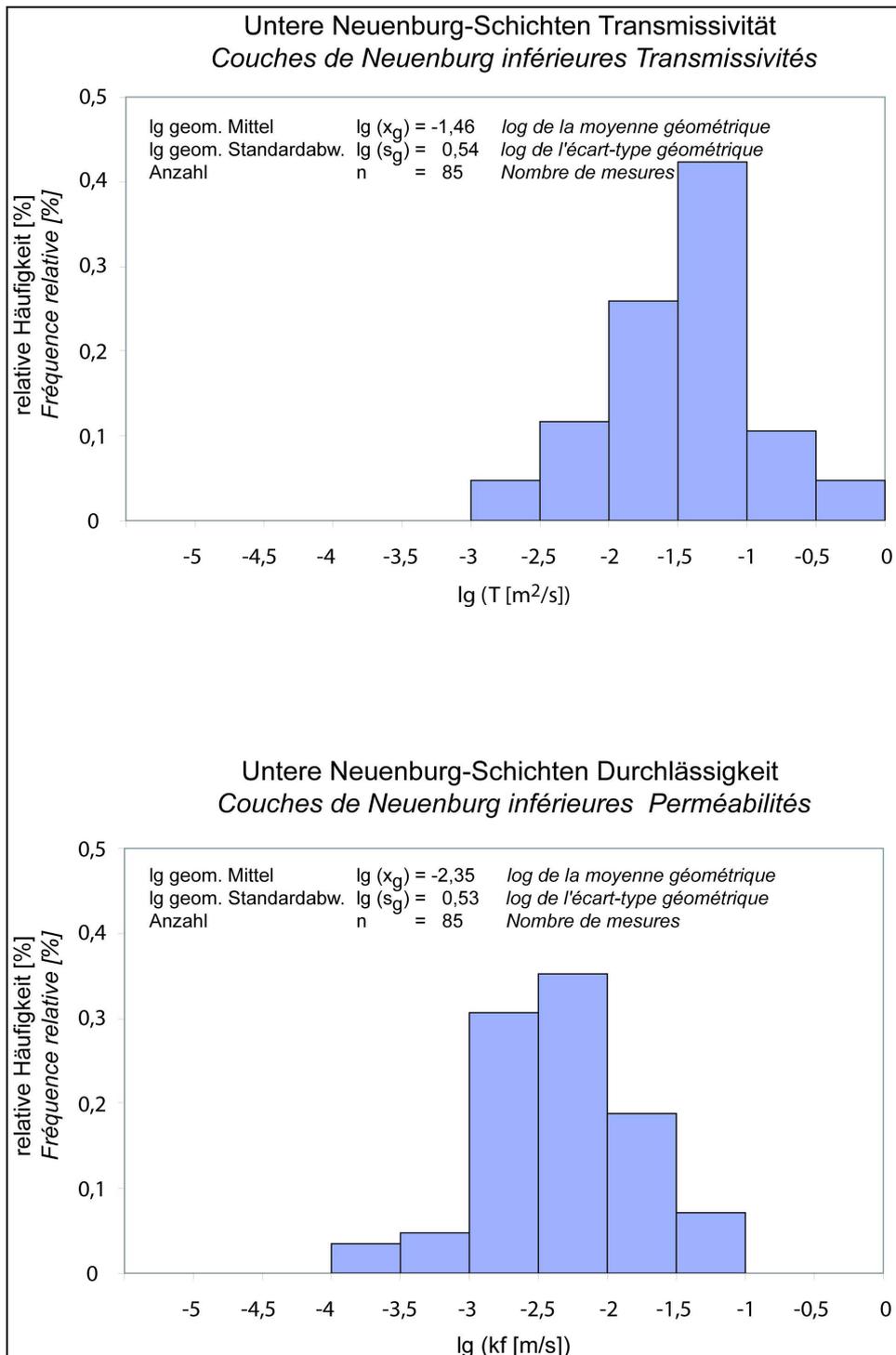


Abbildung 11.3: Häufigkeitsverteilung der Transmissivitäts- und Durchlässigkeitswerte (T- und k_f -Werte) für den unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation im Untersuchungsgebiet (nur baden-württembergischer Teil).

Figure 11.3: Distribution des transmissivités (T) et des perméabilités (k_f) de la partie inférieure de la Formation de Neuenburg du secteur d'étude (côté Bade-Wurtemberg).

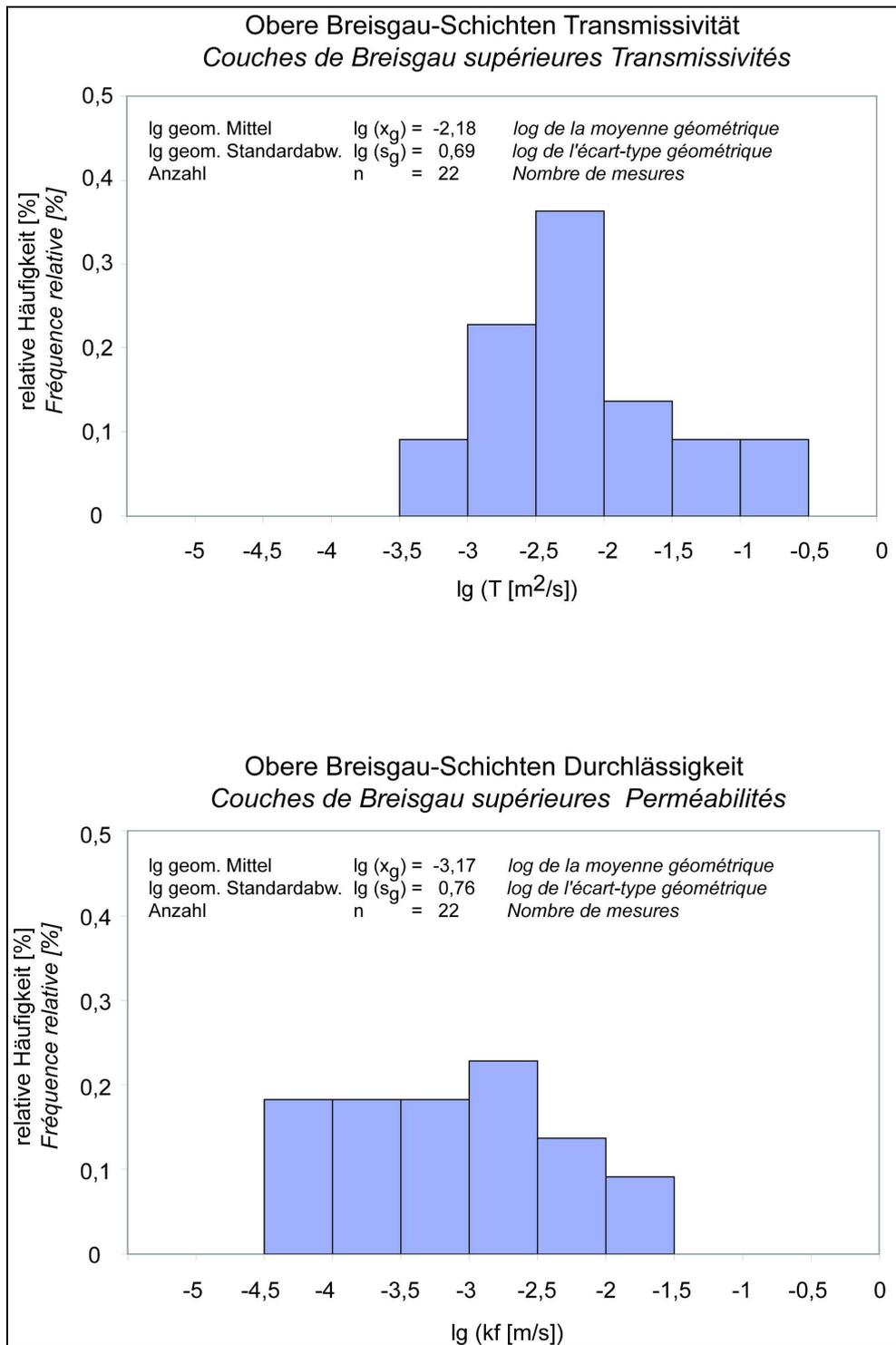


Abbildung 11.4: Häufigkeitsverteilung der Transmissivitäts- und Durchlässigkeitswerte (T - und k_f -Werte) für den oberen Abschnitt der Breisgau-Formation (bzw. der Ortenau-Formation) im Untersuchungsgebiet (nur baden-württembergischer Teil).
 Figure 11.4: *Distribution des transmissivités (T) et des perméabilités (k_f) de la partie supérieure de la Formation de Breisgau/Ortenau du secteur d'étude (côté Bade-Wurtemberg).*

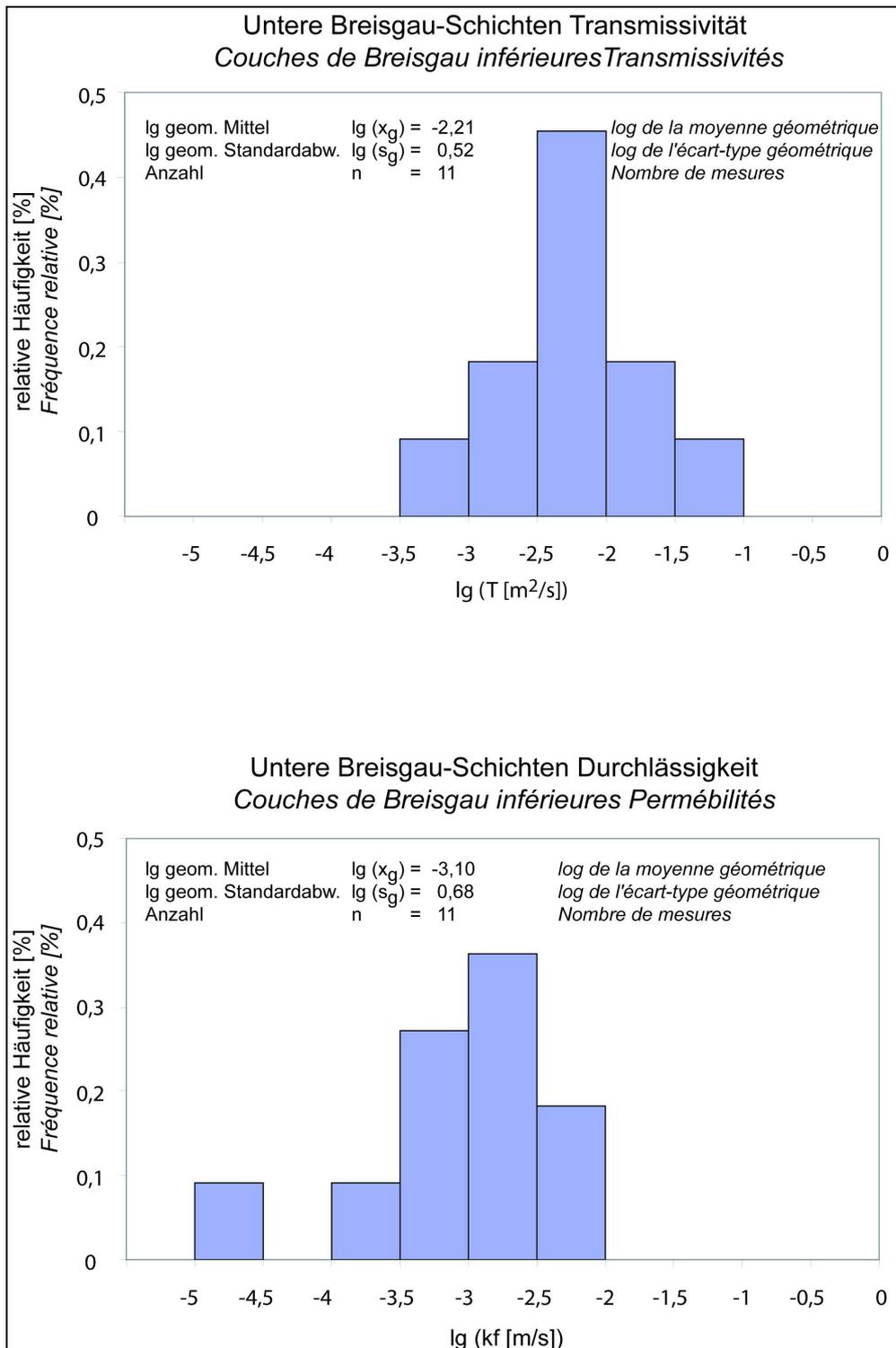


Abbildung 11.5: Häufigkeitsverteilung der Transmissivitäts- und Durchlässigkeitswerte (T- und k_f -Werte) für den unteren Abschnitt der Breisgau-Formation (bzw. der Ortenau-Formation) im Untersuchungsgebiet (nur baden-württembergischer Teil).

Figure 11.5: Distribution des transmissivités (T) et des perméabilités (k_f) de la partie inférieure de la Formation de Breisgau/Ortenau du secteur d'étude (côté Bade-Wurtemberg).

11.3 RÄUMLICHE VERTEILUNG DER DURCHLÄSSIGKEITEN DER HYDROGEOLOGISCHEN EINHEITEN

Für den oberen und unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation und den Oberen Abschnitt der Breisgau-/Ortenau-Formation wurde die regionale Verteilung der Durchlässigkeitswerte flächenhaft dargestellt (Abb. 11.6, 11.7 und 11.9). Wegen der unzureichenden Datendichte im unteren Abschnitt der Breisgau-/Ortenau-Formation wurden für diese Einheit lediglich die Belegpunkte mit den zugehörigen Durchlässigkeitswerten dargestellt (Abb. 11.10).

11.3.1 NEUENBURG-FORMATION

Im oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation liegen die Bereiche mit den höchsten Durchlässigkeiten im elsässischen Teil des südlichen Oberrheingrabens (Abb. 11.6). Auf der badenwürttembergischen Seite des Grabens sind dagegen die Durchlässigkeiten im „Strömungsschatten“ des Kaiserstuhls und nördlich davon niedriger.

Am südöstlichen Ende des Oberrheingrabens sind die Kiese sehr grob aber noch schlecht sortiert. Deshalb liegen die Durchlässigkeiten in der Region Basel bis Kembs nur in der Größenordnung von $2 \cdot 10^{-3}$ m/s. Ausgehend von Niffer auf der elsässischen Seite verläuft ein ca. 9 bis 10 Kilometer breiter Streifen mit hohen bis sehr hohen Durchlässigkeiten von $15 - 20 \cdot 10^{-3}$ m/s in nördliche Richtung. Im Raum Sélestat verbreitert sich diese Zone hoher Durchlässigkeiten und reicht bei Rheinhausen/Rust bis auf die badische Seite.

11.3 REPARTITION SPATIALE DES PERMEABILITES DES UNITES HYDROGEOLOGIQUES

La répartition spatiale des perméabilités des parties inférieure et supérieure de la Formation de Neuenburg et de la partie supérieure de la Formation de Breisgau sont présentées spatialisée dans les figures 11.6, 11.7 et 11.9. En ce qui concerne la partie inférieure de la Formation de Breisgau, la densité des points de mesure est trop faible pour une telle cartographie, aussi a-t-on seulement présenté les points de mesure avec la valeur de perméabilité calculée (fig. 11.10).

11.3.1 FORMATION DE NEUENBURG

Pour la partie supérieure de la Formation de Neuenburg (sommel des alluvions récentes), les zones présentant les perméabilités les plus élevées sont situées au Sud dans la partie alsacienne du Fossé rhénan supérieur (fig. 11.6). Côté badois du Fossé les perméabilités en aval du Kaiserstuhl et plus au Nord sont plus faibles.

Au Sud-est du Fossé rhénan supérieur, dans le secteur de Bâle à Kembs, les perméabilités des alluvions qui sont là très grossières mais mal classées sont seulement de l'ordre de 10^{-3} m/s. A partir de Niffer d'étend côté alsacien une bande Nord-Sud, large de 9 à 10 km et présentant de perméabilités élevées à très élevées, jusqu'à $15 - 20 \cdot 10^{-3}$ m/s. Au niveau de Sélestat cette bande de fortes perméabilités s'élargit pour atteindre le côté badois vers Rheinhausen/Rust.

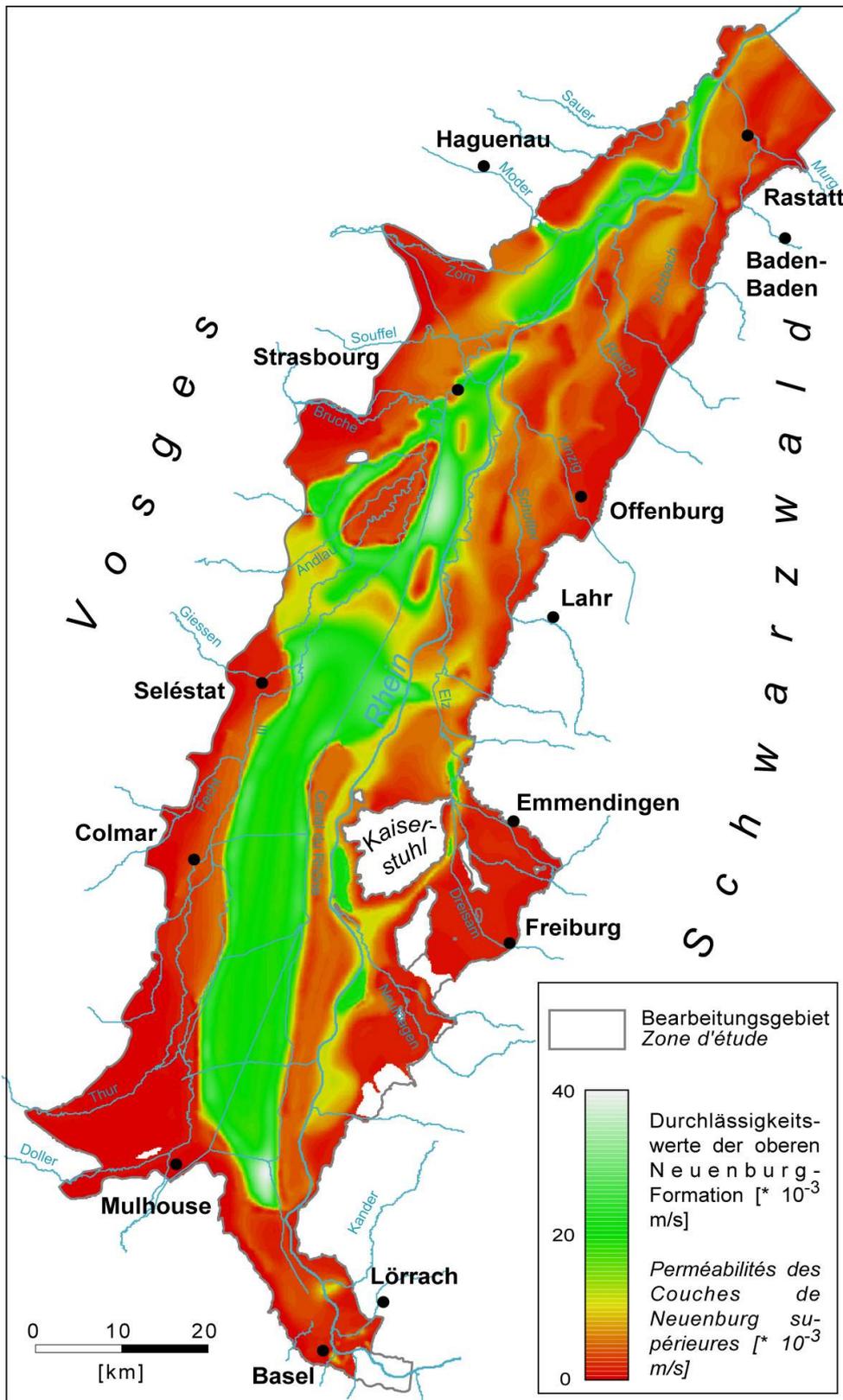


Abbildung 11.6: Räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation (Tiefenstufe 0-20 Meter).
 Figure 11.6: Répartition spatiale des perméabilités de la partie supérieure de la Formation de Neuenburg (alluvions récentes).

Ab Benfeld/Rhinau zeigt die Verteilung der mittleren Durchlässigkeiten ein differenzierteres Bild: südlich von Benfeld wird die Zone hoher Durchlässigkeiten auf französischer Seite durch einen Bereich geringerer Durchlässigkeiten ($7 - 10 * 10^{-3}$ m/s) unterbrochen. Nördlich davon setzt sich die Zone hoher Durchlässigkeiten bis nördlich von Strasbourg fort. Innerhalb dieser Zone sind inselartig Bereiche geringerer Durchlässigkeiten eingeschaltet. Der größte davon liegt in der Region Erstein – Illkirch/Graffenstaden. Östlich davon gibt es zwei weitere Süd-Nord ausgerichteten Bereiche geringerer Durchlässigkeit. Nördlich von Strasbourg verengt sich die Zone mit den höchsten Durchlässigkeiten auf nur noch 4 bis 6 Kilometer und wird erneut von einem Bereich geringerer Durchlässigkeiten unterbrochen. Nördlich davon verläuft die Zone hoher Durchlässigkeiten als schmales Band auf französischer Seite bis in die Gegend von Seltz.

Westlich und östlich des höher durchlässigen zentralen Bereiches nehmen die Durchlässigkeiten zum Vogesen- und Schwarzwaldrand hin auf $0,5 - 2 * 10^{-3}$ m/s deutlich ab. Als Folge des Eintrages feinkörnigeren Materials durch die Vogesen- und Schwarzwaldbäche ist hier die Sortierung der Sedimente schlechter.

Auf elsässischer Seite gibt es in Rheinnähe von Niffer im Süden bis zum Norden des Kaiserstuhls einen schmalen Streifen niedriger Durchlässigkeiten. Er entspricht den sehr sandigen Ablagerungen der Rheinauen.

Auf badischer Seite verläuft ein schmaler Bereich hoher Durchlässigkeiten bei Neuenburg beginnend in Rheinnähe bis südwestlich des Kaiserstuhls. Dort teilt sich diese Zone. Ein Bereich höherer Durchlässigkeiten ($10 - 20 * 10^{-3}$ m/s) verläuft am Westrand des Kaiserstuhls und des Limberges nach Norden und trifft west-

Au niveau de Benfeld/Rhinau la répartition des perméabilités moyennes change : la bande de fortes perméabilités est interrompue par une zone de perméabilités plus faibles ($7 \text{ à } 10 * 10^{-3}$ m/s). La bande de fortes perméabilités reprend plus au Nord et se prolonge jusqu'au Nord de Strasbourg. On observe à l'intérieur de la bande des "îles" de perméabilité plus faible. La plus grande de ces îles est située dans la zone d'Erstein à Illkirch-Graffenstaden. A l'Est de cette île et avant le Rhin il existe deux autres secteurs plus petits à perméabilité réduite, allongés Nord-Sud. Au Nord de Strasbourg la bande de fortes perméabilités se réduit en largeur à 4 à 6 km et est à nouveau interrompue par une zone transversale de faibles perméabilités. Enfin plus au Nord encore la bande de fortes perméabilités n'est plus qu'une mince bande se prolongeant le long du Rhin côté français jusqu'à la hauteur de Seltz.

A l'Ouest et à l'Est de cette bande centrale de fortes perméabilités, on observe une forte diminution des perméabilités en se rapprochant des bordures du Fossé (Vosges et Forêt-noire). Les apports de matériaux fins par les rivières provenant des massifs montagneux font que les alluvions sont beaucoup moins bien classées et calibrées sur les bordures.

Côté alsacien on remarque une bande de plus faible perméabilité le long du Rhin depuis Niffer jusqu'au Nord du Kaiserstuhl. Elle correspond aux dépôts très sableux du lit mineur du Rhin.

Côté badois on observe un mince chenal à forte perméabilité qui commence vers Neuenburg près du Rhin pour atteindre le SW du Kaiserstuhl. Il se partage là en deux : un chenal à forte perméabilité suit la bordure ouest du Kaiserstuhl et du Limberg vers le Nord pour rejoindre la bande centrale à l'Ouest de Weisweil. Un autre chenal

lich von Weisweil auf die von Westen kommende Zone hoher Durchlässigkeiten. Der andere Bereich verläuft östlich des Kaiserstuhls und zeichnet den Verlauf der Ostrheinrinne nach. Sie lässt sich mit Durchlässigkeiten von $10 - 25 * 10^{-3}$ m/s nach Norden bis Kenzingen/Herbolzheim deutlich verfolgen. Weiter nach Norden zeichnen sich auf der badischen Seite weitere rinnenartige Strukturen mit erhöhter Durchlässigkeit ($6 - 10 * 10^{-3}$ m/s) ab. Sie folgen den ehemaligen Hauptabflussbahnen des Rheins, in denen wegen der höheren Transportenergie Kiese mit geringerem Feinsedimentanteil abgelagert wurden.

Im Bereich westlich von Mulhouse (Kalibecken und Ochsenfeld, Schwemmfächer der Thur mit Durchlässigkeiten von $0,1 - 1 * 10^{-3}$ m/s) sowie in der Freiburger Bucht (Schwemmfächer von Dreisam, Elz und Glotter mit Durchlässigkeiten von $1 - 2 * 10^{-3}$ m/s) sind die Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation deutlich geringer.

Die höchsten Durchlässigkeiten (bis $20 * 10^{-3}$ m/s) im unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation wurden zwischen Plobsheim und Meissenheim in Rheinnähe festgestellt (Abb. 11.7). Die Ostrheinrinne zeichnet sich auch in den Durchlässigkeiten im unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation bis in die Gegend von Ringsheim ab. Daneben sind die Unteren Neuenburg-Schichten südlich des Kaiserstuhls und an dessen Westrand höher durchlässig. Diese Zone setzt sich um den Limberg herum in nordwestliche Richtung auf deutscher Seite in einem schmalen Streifen bis nordwestlich von Appenweier fort (Herrmann et al., 1996).

Auf elsässischer Seite zeichnet sich die Zone erhöhter Durchlässigkeiten, die für die oberen 20 Meter der Neuenburg-Formation beschrieben wurde, auch im Unteren Abschnitt ab.

suit la bordure est du Kaiserstuhl, il correspond à l'ancien cours oriental du Rhin. Ce "chenal oriental du Rhin" qui présente des perméabilités de 10 à $25 * 10^{-3}$ m/s se suit vers le Nord jusqu'à Kenzingen/Herbolzheim. Plus au Nord on peut distinguer côté badois plusieurs structures en chenaux à perméabilité élevée (entre 6 et $10 * 10^{-3}$ m/s). Elles correspondent à des bras majeurs du Rhin ancien qui laissaient des dépôts de plus haute énergie comportant moins de matériaux fins.

Le secteur à l'Ouest de Mulhouse (Bassin potassique et Ochsenfeld qui correspondent au cône de déjection de la Thur avec des perméabilités de $0,1$ à $1 * 10^{-3}$ m/s) ainsi que le Bassin de Freiburg (épandage des rivières de Forêt-noire, perméabilités de 1 à $2 * 10^{-3}$ m/s) présentent des perméabilités nettement plus faibles.

Les perméabilités les plus élevées (jusqu'à $20 * 10^{-3}$ m/s) de la partie inférieure de la Formation de Neuenburg sont observées entre Plobsheim et Meissenheim dans la bande rhénane (Fig. 11.7). Le chenal oriental du Rhin est visible dans cette tranche d'alluvions jusque vers Ringsheim. En outre les alluvions de la partie inférieure de la Formation de Neuenburg sont également plus perméables au Sud du Kaiserstuhl et sur son flanc ouest. Cette zone de plus forte perméabilité se suit à partir du Limberg côté allemand en direction NW jusqu'au Nord-ouest d'Appenweier (Herrmann et al., 1996).

Côté alsacien, la bande de perméabilité élevée observée dans la tranche des 20 premiers mètres de la Formation de Neuenburg se prolonge également dans la partie inférieure.

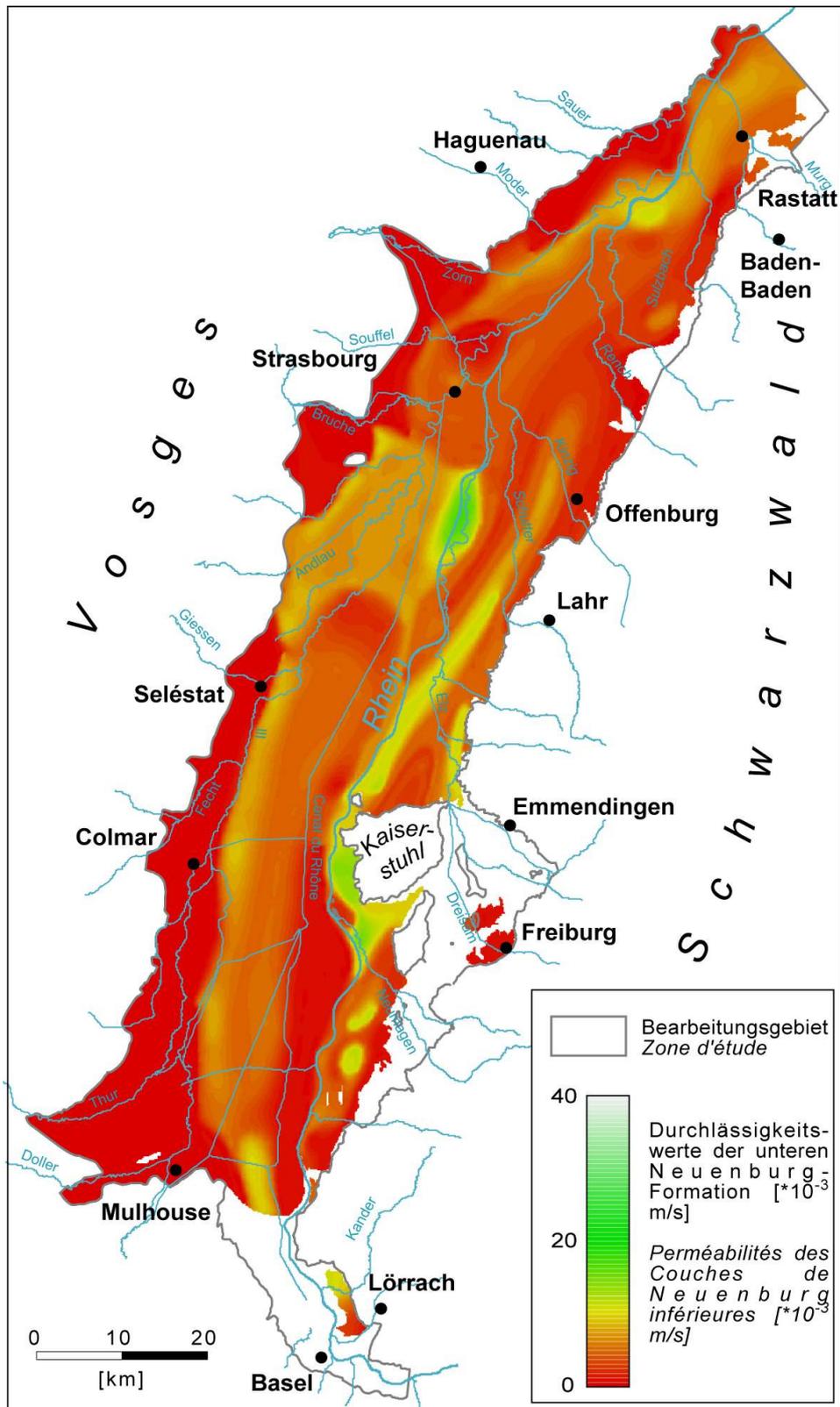


Abbildung 11.7: Räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten im unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation.
 Figure 11.7: Répartition spatiale des perméabilités de la partie inférieure de la Formation de Neuenburg (alluvions récentes).

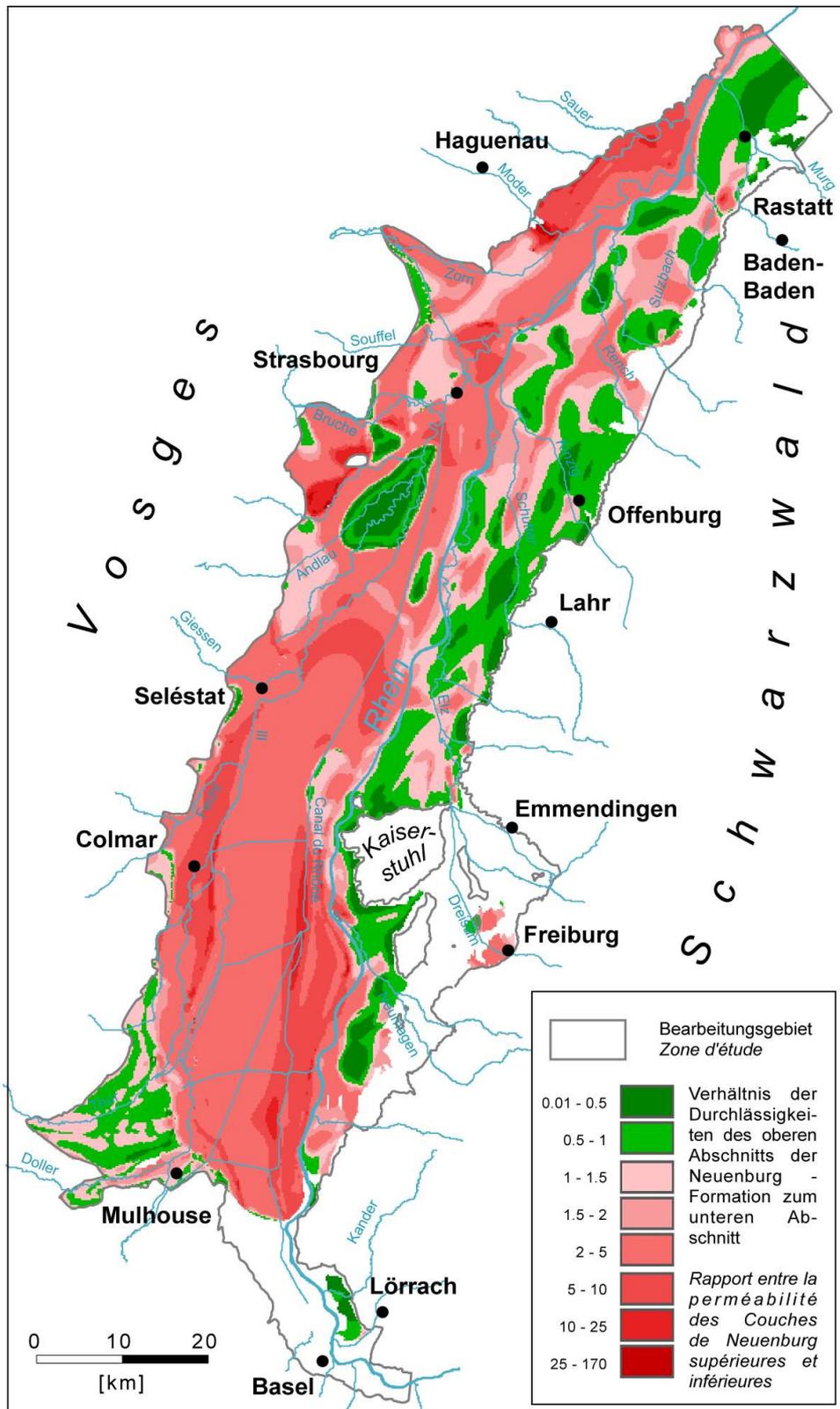


Abbildung 11.8: Verhältnis der Durchlässigkeiten zwischen dem oberen und unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation.
 Figure 11.8: Comparaison entre les perméabilités de la partie supérieure et de la partie inférieure de la Formation de Neuenburg (alluvions récentes).

Abbildung 11.8 zeigt einen Vergleich der Durchlässigkeiten zwischen dem oberen und dem unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation. Sind die Werte kleiner 1, dann ist der untere Abschnitt höher durchlässig als der obere, bei Werten größer als 1 ist das Verhältnis der Durchlässigkeiten umgekehrt. Generell ist der obere Abschnitt der Neuenburg - Formation auf elsässischer Seite höher durchlässig als der untere. Auf deutscher Seite ist das Verhältnis überwiegend umgekehrt.

Der kleinräumige Wechsel der Durchlässigkeitsverhältnisse im Bereich des Schwemmfächers der Thur ist Ausdruck der großen Heterogenität des Sedimentkörpers sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung. Der Schwemmfächer baut sich aus einzelnen Kiesrinnen mit höherer Durchlässigkeit und dazwischen liegenden Bereichen geringerer Durchlässigkeit auf. Südlich von Strasbourg findet sich der große Bereich niedriger Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation auch in der Darstellung der Durchlässigkeitsverhältnisse wieder.

Auf badischer Seite wechselt das Durchlässigkeitsverhältnis vom oberen zum unteren Abschnitt der Neuenburg-Formation kleinräumig.

11.3.2 BREISGAU-/ORTENAU- FORMATION

Die Durchlässigkeiten der Breisgau-/Ortenau-Formation sind niedriger als die der Neuenburg-Formation.

Im rheinnahen Bereich liegen die Durchlässigkeiten **im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation** südlich und nördlich des Kaiserstuhls in der Größenordnung von $8 - 10 * 10^{-3}$ m/s. Nördlich von Nonnenweiher bei Lahr nehmen die Durchlässigkeiten auf 6 bis $1 * 10^{-3}$ m/s ab (Abb. 11.9). Demgegenüber zeigen die Befunde aus Sedimentbeschreibungen von Materialbohrungen, dass der Schluffanteil nach Norden

La figure 11.8 montre une comparaison entre les perméabilités de la partie supérieure et de la partie inférieure de la Formation de Neuenburg. Les valeurs inférieures à 1 signifient que la tranche inférieure est plus perméable, tandis que pour les valeurs supérieures à 1 c'est l'inverse. Côté alsacien la partie supérieure est généralement plus perméable que la partie inférieure, côté badois c'est plutôt le contraire.

Les variations à petite échelle des perméabilités dans le secteur du cône de déjection de la Thur en Alsace sont l'expression de la forte hétérogénéité des corps sédimentaires tant sur le plan horizontal qu'en succession verticale. Le cône de déjection se construit à partir de dépôts de chenaux très perméables entrecoupés de zones de débordements à faible perméabilité. Au Sud de Strasbourg le grand secteur de faible perméabilité dans la partie supérieure de la Formation de Neuenburg se marque bien dans la carte comparative.

Côté badois on observe des variations à encore plus petite échelle dans cette comparaison entre les perméabilités des tranches supérieure et inférieure de la Formation de Neuenburg.

11.3.2. FORMATION DE BREISGAU/ORTENAU

Les perméabilités des alluvions anciennes de la Formation de Breisgau/Ortenau sont inférieures à celles de la Formation de Neuenburg.

Dans la bande rhénane les perméabilités de la partie supérieure de la Formation de Breisgau au Sud et au Nord du Kaiserstuhl sont de l'ordre de 8 à $10 * 10^{-3}$ m/s. Au Nord de Nonnenweiher près de Lahr les perméabilités mesurées baissent à 1 à $6 * 10^{-3}$ m/s (Fig. 11.9). Par contre les observations des sondages indiquent plutôt que la proportion de silt augmenterait dans cette direction, ce qui paraît contradictoire (*cf.* Coupe

abnimmt (vgl. auch Längsprofil, Anlage). Ein Grund für diese scheinbar widersprüchlichen Befunde könnte sein, dass die Datendichte für eine repräsentative flächenhafte Darstellung der Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation nicht ausreicht.

Südlich von Offenburg nehmen die Durchlässigkeiten vom Schwarzwaldrand ($< 2 \cdot 10^{-3}$ m/s) zum Rhein hin zu ($8 - 10 \cdot 10^{-3}$ m/s). Am Rand überwiegen die schlechter sortierten, stärker zersetzten und kompaktierten Komponenten lokalen Ursprungs. Zwischen Strasbourg und Offenburg verläuft ein Bereich höherer Durchlässigkeit ($4 - 6 \cdot 10^{-3}$ m/s) in nordöstliche Richtung. Westlich daran schließt auf Höhe von Kehl eine Zone geringerer Durchlässigkeiten an.

Für den **unteren Abschnitt der Breisgau- / Ortenau-Formation** liegen zu wenige Messpunkte vor, um eine flächenhafte Aussage zur Verbreitung der Durchlässigkeiten zu machen. In Abbildung 11.10 sind deshalb lediglich die Stützstellen dargestellt. Sie wurden nach Durchlässigkeitsklassen farblich unterschieden. Nach HERMANN et al. (1996) nehmen die Durchlässigkeiten im unteren Bereich der quartären Kiese im Vergleich zur Abfolge im Hangenden nahezu um den Faktor 10 ab.

longitudinale, annexe 1). La raison de cette contradiction apparente pourrait être simplement que la densité des données disponibles n'est pas suffisante pour pouvoir appréhender la répartition des perméabilités dans cette partie supérieure de la Formation de Breisgau.

Au Sud d'Offenburg les perméabilités tendent à augmenter depuis la bordure de la Forêt-noire ($< 2 \cdot 10^{-3}$ m/s) jusqu'au Rhin ($8 - 10 \cdot 10^{-3}$ m/s). Entre Strasbourg et Offenburg passe un chenal de plus fortes perméabilités ($4 - 6 \cdot 10^{-3}$ m/s) de direction NE. A l'Ouest de ce chenal les perméabilités à la hauteur de Kehl sont plus faibles.

En ce qui concerne *la partie inférieure de la Formation de Breisgau/Ortenau* il existe encore moins de données pour avoir une idée de la répartition des perméabilités. La figure 11.10 ne montre donc que les quelques points de mesure, représentés par couleurs correspondant à des classes de perméabilité. D'après HERRMANN et al. (1996), les perméabilités de la partie inférieure des graviers quaternaires seraient inférieures d'un facteur 10 à celles des graviers sus-jacents.

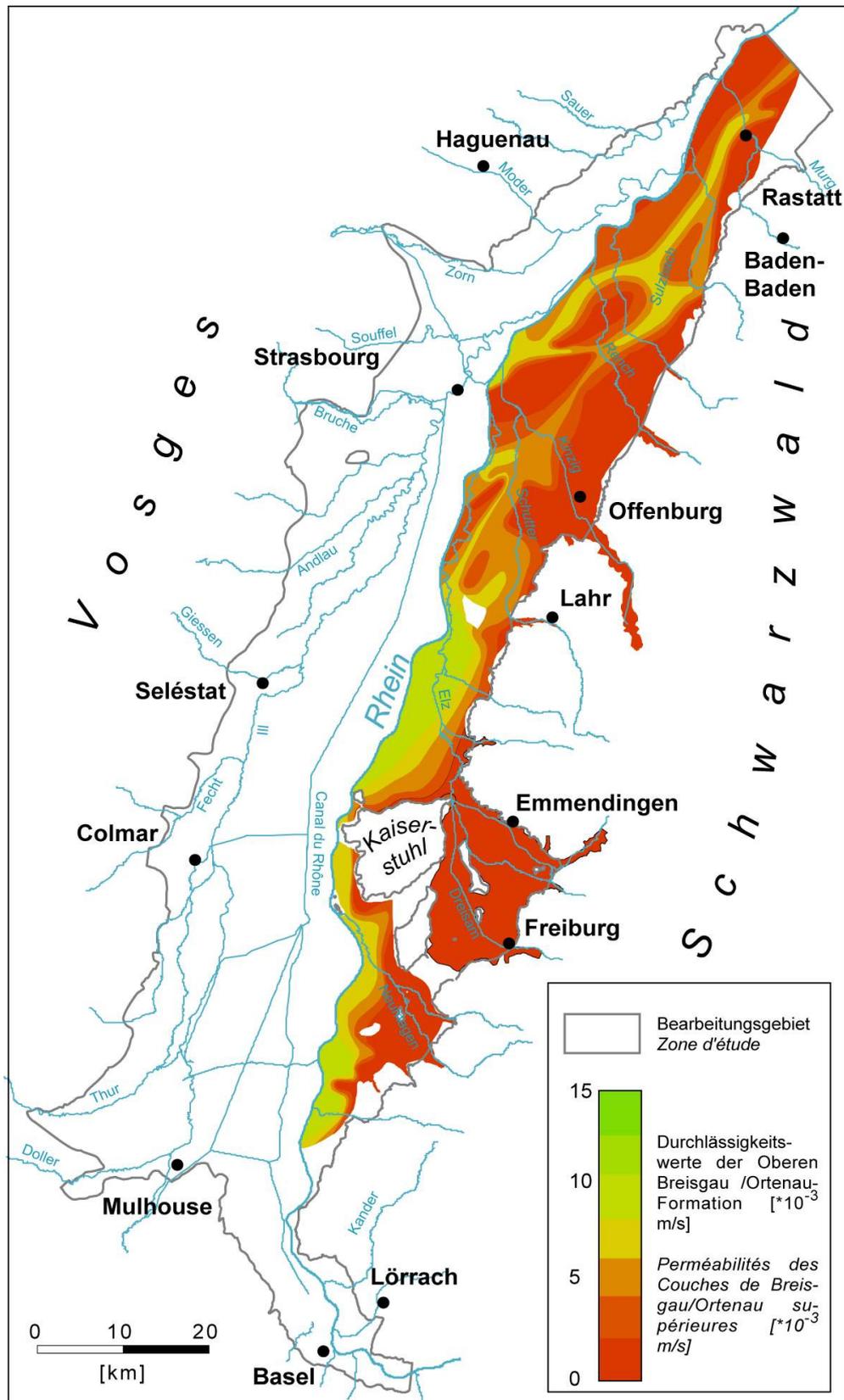


Abbildung 11.9: Räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt der Breisgau-/Ortenau- Formation im badenwürttembergischen Teil des Untersuchungsgebietes.

Figure 11.9: Répartition spatiale des perméabilités de la partie supérieure de la Formation de Breisgau/Ortenau (alluvions anciennes) dans la partie badoise du secteur d'étude.

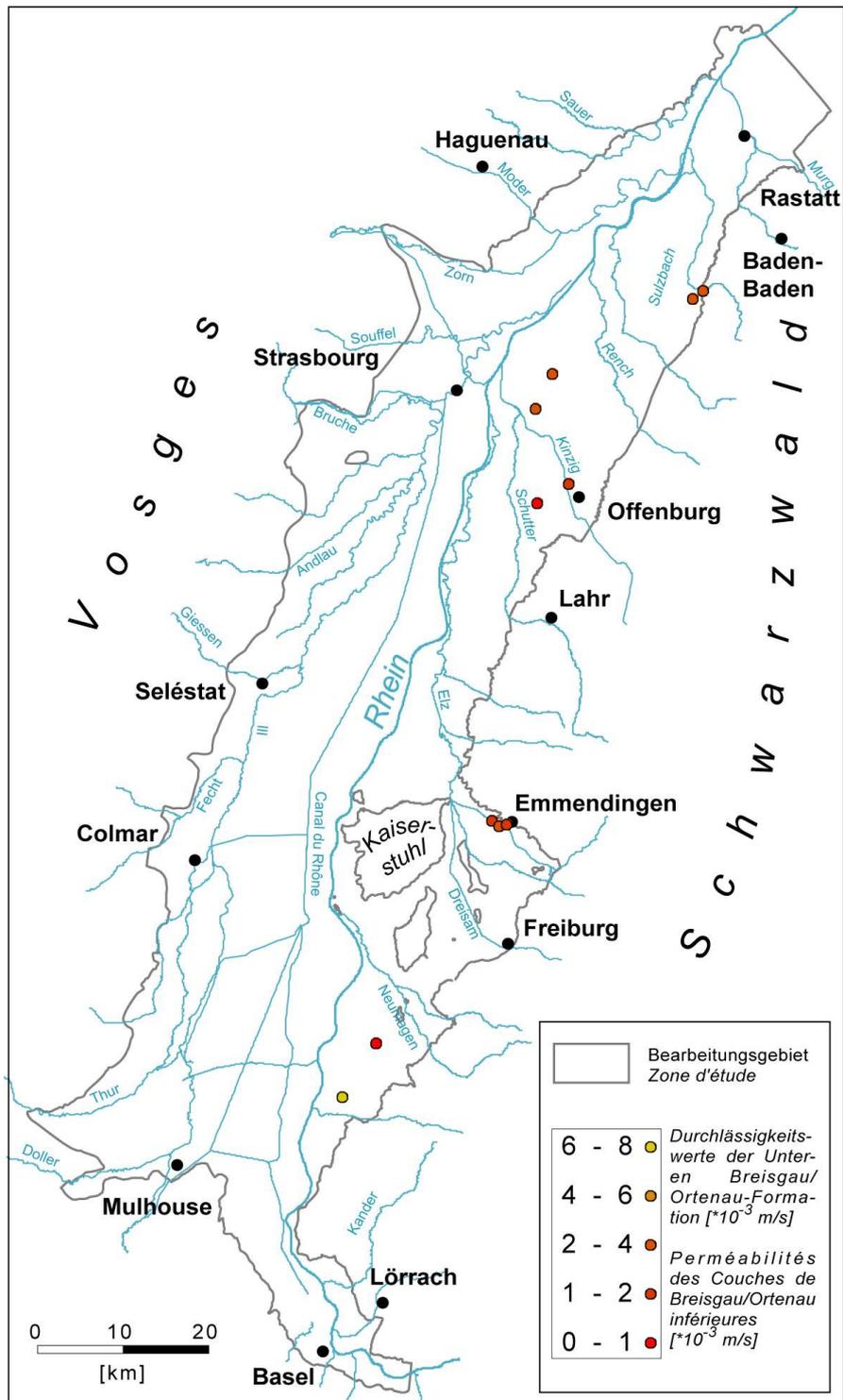


Abbildung 11.10: Belegpunkte für Durchlässigkeiten im unteren Abschnitt der Breisgau-/ Ortenau-Formation.
 Figure 11.10: Points de mesure des perméabilités de la partie inférieure de la Formation de Breisgau/Ortenau (alluvions anciennes).

12 Zusammenfassung

Résumé

Im Teilprojekt „Hydrogeologie“ wurden im Untersuchungsgebiet die hydrogeologischen Grundlagen für den quartären Kiesgrundwasserleiter erarbeitet. Hierzu wurden die Aquifergeometrie untersucht, hydrogeologisch relevante Grenzflächen kartiert und den hydrogeologischen Einheiten hydraulische Parameter zugewiesen. Die Ergebnisse stellen wichtige Eingangsdaten für das Grundwasserströmungs- und -transportmodell dar.

Folgende Institutionen waren an diesem Teilprojekt beteiligt:

- Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (Leitung des Teilprojekts),
- Service géologique régional Alsace (BRGM),
- Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel.

Das Arbeitsgebiet liegt im südlichen und mittleren Oberrheingraben. Es umfasst das Verbreitungsgebiet der pliozänen und quartären Kiese und Sande, die den Hauptgrundwasserleiter im Oberrheingraben bilden.

Das Untersuchungsgebiet wird in mehrere Großräume unterteilt: die Rheinebene südlich des Kaiserstuhls, die Rheinebene nördlich des Kaiserstuhls, die Freiburger Bucht im Osten und das elsässische Kalibecken im Westen.

Der flächenhaften, grenzüberschreitenden hydrogeologischen Kartierung liegt eine zwischen den Projektpartnern abgestimmte, einheitliche Nomenklatur und Kartiermethodik zugrunde. Die Bearbeitung basiert auf der Auswertung von über 15000 Bohrungen, für die hydrogeologische Kurzprofile

Le module "Hydrogéologie" avait pour but de préparer les données hydrogéologiques sur l'aquifère des alluvions quaternaires dans le secteur étudié. Ces informations comprennent notamment la géométrie de l'aquifère (profondeur du substratum), la cartographie des interfaces entre corps sédimentaires d'intérêt hydrogéologique, ainsi que la définition de leurs paramètres hydrodynamiques. Elles constituent la base nécessaire à la création du modèle hydrodynamique.

Les instituts ayant participé à ces travaux sont les suivants :

- Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (direction du sous-projet),
- Service géologique régional Alsace (BRGM),
- Institut de géologie et de paléontologie de l'Université de Bâle.

La zone étudiée appartient aux parties sud et moyenne du Fossé rhénan supérieur.. Elle correspond au remplissage du Fossé par les alluvions pliocènes et quaternaires, qui constituent l'aquifère principal de la vallée du Rhin supérieur.

Dans la zone étudiée on distingue plusieurs grands secteurs : la plaine au Sud du Kaiserstuhl, la plaine au Nord du Kaiserstuhl, le bassin de Fribourg à l'Est et le bassin potassique alsacien à l'Ouest.

La cartographie hydrogéologique a été réalisée par les partenaires du projet d'après une nomenclature stratigraphique et une méthodologie communes. Dans le cadre de ce travail plus de 15000 coupes de sondages ont été réinterprétées en termes de coupe hydrogéologique.

erstellt wurden.

In Ergänzung dazu wurden im Rahmen des MONIT-Projekts hochauflösende reflektionsseismische Messungen auf einer Länge von ca. 200 Kilometern auf dem Rhein durchgeführt. Sie dienen der Erkundung der Tiefenlage der Lockergesteinsbasis sowie der internen Gliederung der pliozänen/quartären Abfolge. Dieses Verfahren wurde erstmals im südlichen und mittleren Oberrheingraben eingesetzt.

Außerdem wurde auf Kartierungen aus verschiedenen nationalen Studien und auf die Ergebnisse mehrerer grenzüberschreitender Projekte zurückgegriffen:

- LIFE - Projekt „Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens“ [LFU, REGION ALSACE 1996]
- Projekt „Hochrhein“ (INTERREG II, 2001);
- Projekt „Fessenheim-Breisach“ (INTERREG II, 2002).

Das Gebiet südlich des Kaiserstuhls einschließlich des elsässischen Kalibeckens (französische Seite) sowie das Gebiet nördlich davon (deutsche und französische Seite) wurden weitgehend neu bearbeitet.

Die Gliederung der Lockersedimente erfolgte aufgrund lithologischer Unterschiede (Unterschiede im Sand/Schluff-Gehalt, in der Lagerungsdichte und anhand von Groblagen). Außerdem wurde die Herkunft des Materials (Alpen, Vogesen, Schwarzwald) und der Zersetzungsgrad der Gerölle berücksichtigt.

Folgende hydrogeologische Einheiten wurden unterschieden:

- die Neuenburg-Formation und die Ostrheinschotter sind hoch durchlässig. Von Straßburg/Offenburg aus nach Norden schalten sich in die Kiese vermehrt geringer durchlässige sandig schluffige Einheiten ein. Im nördlichen Bereich des Bearbeitungsgebietes tritt ein fein-

De plus, dans le cadre du projet MONIT, une campagne de sismique haute résolution a été menée sur le Rhin sur environ 200 km afin de préciser la profondeur du substratum ainsi que la répartition des sédiments pliocènes et quaternaires le long de la frontière franco-allemande. Cette opération était une première dans la partie sud du Fossé rhénan supérieur.

Ces travaux ont bénéficié des résultats de cartographies issues de différentes études réalisées dans chacun des pays ainsi que de plusieurs projets transfrontaliers précédents :

- projet LIFE "Action de démonstration pour la protection et la gestion de la nappe du Fossé rhénan supérieur franco-germano-suisse" [LFU, REGION ALSACE 1996]
- projet "Hochrhein" (INTERREG II, 2001);
- projet "Fessenheim-Breisach" (INTERREG II, 2002).

Le secteur de plaine au Nord du Kaiserstuhl a ainsi fait l'objet de cartographies tout à fait nouvelles des deux côtés du Rhin, ainsi que le secteur du Bassin potassique côté français.

Dans la cartographie de ces unités hydrogéologiques on a tenu compte des caractéristiques lithologiques des alluvions (contenu en sable et en silt, compaction, présence d'horizons grossiers), ainsi que de l'origine des matériaux (Alpes, Vosges, Forêt-noire) et du degré d'altération des galets.

Les principales unités hydrogéologiques prise en compte sont les suivantes :

- Les alluvions quaternaires récentes très perméables (formation de Neuenburg, chenal oriental du Rhin) ; vers le Nord, à partir du secteur Strasbourg-Offenburg, elles comprennent des intercalaires sablo-silteux fins peu perméables. Au Nord du secteur étudié l'un de ces in-

körniger Horizont bereichsweise flächenhaft auf und führt zu einer Untergliederung in zwei hydraulisch voneinander getrennte Einheiten.

- die Breisgau-Formation ist im Allgemeinen geringer durchlässig. Der Riegel-Horizont in der Freiburger Bucht wirkt flächenhaft als hydraulischer Trennhorizont. Nördlich von Lahr geht die Breisgau-Formation in die Ortenau-Formation über.

Die Aquiferbasis besteht meist aus tertiären Ton- und Tonmergelsteinen oder den überwiegend tonig schluffigen Sanden der Iffezheim-Formation (Pliocène final).

Aus den Bohrungen und geophysikalischen Daten wurden geologische Längs- und Querschnitte erzeugt.

Für die Neuenburg-Formation, die Ostrheinschotter und die Breisgau-Formation wurden Isolinienpläne der Basis sowie Verbreitungs- und Mächtigkeitkarten erstellt.

Für den Riegel-Horizont und die gering durchlässigen feinklastischen Horizonte im Raum Strasbourg/Offenburg und nördlich davon wurden Isolinienpläne der Oberfläche konstruiert. Die feinklastischen Einschaltungen wurden entsprechend ihrer lithologischen Ausbildung klassifiziert. Im letzten Auswerteschritt wurden aus Pumpversuchsergebnissen Durchlässigkeitskarten für die Neuenburg- und Breisgau-/Ortenau-Formation erstellt.

tercalaires fins est suffisamment continu pour que l'on subdivise cette unité en deux sous-unités hydrauliquement distinctes.

- Les alluvions quaternaires anciennes (formation de Breisgau au Sud, formation d'Ortenau au Nord) généralement moins perméables.

Le substratum de l'aquifère est constitué soit par les marnes tertiaires soit par les sables argileux du Pliocène final (formation d'Iffezheim).

Des profils géologiques transversaux et longitudinaux de l'aquifère ont été tracés à partir des données de coupes de forages et d'études géophysiques. Ces profils ont servi à tracer des cartes de répartition et des isocontours des unités hydrogéologiques : base et épaisseur de la formation de Neuenburg, du chenal oriental du Rhin, et de la formation de Breisgau. Le toit de l'horizon de Riegel et des intercalaires peu perméables du secteur de Strasbourg-Offenburg et plus au Nord ont fait l'objet de cartographies en courbes de niveau (isohypses). Ces intercalaires ont également été classés en fonction de leur lithologie dominante.

En dernière étape, des cartes de répartition des perméabilités ont été dessinées pour les formations de Neuenburg et de Breisgau d'après les résultats d'essais de pompage.

Namen und Anschrift der Autoren

Nom et direction des auteurs

Elsass, Philippe, Service Géologique Régional Alsace, 15, rue du Tanin, Lingolsheim, F-67834
TANNERIES CEDEX

Huggenberger, Peter, Departement Geowissenschaften, Angewandte und Umweltgeologie, Universität Basel, Bernoullistr. 32, CH-4056 Basel

Wirsing, Gunther, Regierungspräsidium Freiburg -
Abteilung 9 – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Albertstraße 5, D-79104 Freiburg

Literatur

Bibliographie

AD-HOC-AG Hydrogeologie [Hrsg.](1997): Hydrogeologische Kartieranleitung. – Geol. Jb G2: 3 – 157, 15 Abb., 6 Tab., 10 Anl., Hannover.

BARTZ, J. (1976): Quartär und Jungtertiär im Raum Rastatt. –mit Beiträgen von V.D. BRELIE, G. & MAUS, H. . - Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, 18, 121-178, 13 Abb., 4 Tab., Freiburg i. Br.

BARTZ, J. (1982): Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – Geol. Jb., A63: 3 – 237, 28 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Hannover.

BERTRAND, G., HORSTMANN, M., HERMANN, O. & BEHRMANN, J.H. (2005): Retrodeformation of the southern Upper Rhine Graben: new insights on continental oblique rifting. – Quaternary Science Reviews 24, 347 – 354.

BLUDAU, W. (1995): Biostratigraphische Untersuchungen an Sedimenten aus dem mittleren Oberrheingraben – Vorläufige Ergebnisse. – Jh. Geol. Landesamt baden-Württemberg, 35 (1993): 395-406, Freiburg i. Br.

BOENIGK, W. (1976): Schwermineraluntersuchungen zur Entwicklung des Rheinsystems. – Eiszeitalter u. Gegenwart, 27, 202 S., Öhringen.

BOENIGK, W. (1987): Petrographische Untersuchungen jungtertiärer und quartärer Sedimente am linken Oberrhein. Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. 69, 357-394, Stuttgart.

BROST, E. (1995): Geoelektrische Messungen zur Erforschung der Salzbelastung des Grundwassers in der Rheinebene südlich des Kaiserstuhls.

Gebiet: Breisach am Rhein, Archiv-Nr. 113 876 (31.10.1995), Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung - Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben – Hannover [unveröff.].

BROST, E. & ELLWANGER, D. (1991), mit Beiträgen von W. BLUDAU & C. ROLF: Einige Ergebnisse neuerer geoelektrischer und stratigraphischer Untersuchungen im Gebiet zwischen Kaiserstuhl und Kehl. – Geol. Jb., E48, 71-81, Hannover.

ELLWANGER, D., BIBUS, E., BLUDAU, W., KÖSEL, M. & MERKT, J. (1995): Baden-Württemberg. – In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands. – 255-295, Berlin, Stuttgart (Borntraeger).

ELLWANGER, D., BLUDAU, W., FIEBIG, M., KNIPPING, M., HAGEDORN, E., MÜLLER-DICK, B., SZENKLER, C. & STORCH, D. (2000): Paläoklimatisch-sedimentologische Untersuchungen an Lockergesteins-Forschungsbohrungen im Quartär des Alpenvorlandes (Rheingletschergebiet/Oberrheingraben) – vorläufige Ergebnisse und Folgerungen. – extended abstract, ICDP/KTB Kolloquium, Ruhr-Universität, Bochum.

ELLWANGER, D. unter Mitarbeit von J. Lämmermann-Barthel und I. Neeb (2003): Eine landschaftsübergreifende Lockergesteinsgliederung vom Alpenrand zum Oberrhein. – GeoArchäoRhein, 4, 81-125, 5 Abb., 5 Tab., Münster.

ELSASS, P. & WIRSING, G. (1999): Interreg II - Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur. Etudes géophysiques et piézomètres profonds, BRGM.

- EHRMINGER, B. & HERDEG, U. (1992): Abschlussbericht über die isotopenhydrologischen Untersuchungen und die erstellten Grundwassermodelle im Einzugsbereich des Wasserwerkes Hausen. - Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG und Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg [unveröff.].
- ESSLINGER, G. (1968): Rezente Bodenbewegungen über dem Salinar des südlichen Oberrheintals.- 76 S., 7 Taf., 10 Anlagen, Berlin.
- FEZER, F. (1974): Randfluss und Neckarschwemmfächer. – Heidelberger Geographische Arbeiten, 40, 167-183, Heidelberg.
- FH-DGG (1999): Hydrogeologische Modelle. Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und Fachbehörden. - Hydrogeologische Beiträge der Fachsektion Hydrogeologie in der Deutschen Geologischen Gesellschaft (Hrsg.), Heft 10, 36 S., 5 Abb., Hannover.
- FISCHER, H. (1967): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 169 Rastatt, Geographische Landesaufnahme 1 : 200 000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands, 33 S., Bad Godesberg.
- FISCHER, H. & KLINK, H.-J. (1967): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 177 Offenburg, Geographische Landesaufnahme 1 : 200 000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands, 49 S., Bad Godesberg.
- FRIEDMANN, A. (2000): Die Spät- und postglaziale Landschafts- und Vegetationsgeschichte des süddeutschen Oberrheintieflands und des Schwarzwalds – Freiburger Geographische Hefte, 62, 222 S., Freiburg.
- GEOTHERMISCHE SYNTHES DES OBERRHEINGRABENS (1979): Service Géologique Regional Alsace, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, 100 S., 23 Anl., 4 Beilagen, Strasbourg, Freiburg.
- GLA (1990): Blatt 8013 Freiburg. - Geol. Kt. Baden-Württ. 1:25 000 mit Erläuterungen - 2. erg. Aufl., IV + 159 S., 2 Abb., 8 Taf., 3 Beil., Freiburg im Breisgau.
- GLA (1994): Blatt 7913 Freiburg im Breisgau_NO. - Geol. Kt. Baden-Württ. 1:25 000 mit Erläuterungen - 2. erg. Aufl., VI + 130 S., 6 Abb., 8 Tab., 4 Taf., 5 Beil., Freiburg im Breisgau.
- GLA (1994): Blatt 7613 Lahr/Schw.- Ost. – Geol. Kt. Baden-Württ. 1 : 25 000 mit Erläuterungen - 295 S., 30 Abb., 10 Tab., 5 Taf., 5 Beil., 1 Kt.; Bearbeiter: Kessler, G., Leiber, J. mit Beitr. von Käss, W., Münzing, K. und Ohmert, W., Freiburg/Stuttgart.
- GRIMMELMANN, W., HANNEMANN, M., HECHT, G., MÜLLER, A., PLUM, H., PRETSCHOLD, H.-D., SCHARPFF, H.J. & SCHLIMM, W. (1997): Hydrogeologische Kartieranleitung, Geol. Jb., G, 2, 3 - 157, 15 Abb., 6 Tab., 10 Anl., Hannover.
- GROSCHOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H., OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W. (1996), mit Beitr. von ALBIEZ, G., HÜTTNER, R. u. WENDT, O.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Freiburg im Breisgau und Umgebung 1 : 50 000 - 3. erg. Aufl., IV + 364 S., 27 Abb., 7 Taf., 1 Beil., Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg.
- GUENTHER, E. (1935): Der geologische Bau der Freiburger Bucht.- Bad. Geol. Abh., 7, 2 - 56, 4 Abb., 3 Tab.; Karlsruhe.
- HAGEDORN, E.-M. (2004): Sedimentpetrographie und Lithofazies der jungtertiären und quartären Sedimente im Oberrheingebiet. –

Diss. Univ. Köln, 248 S., 22 Anl., 80 Abb., Anhang, Köln.

HERDEG, U. (1993): Untersuchungen zu den Grundwasserfließsystemen im Bereich der Wasserwerke von Freiburg i. Br. auf der Grundlage isopenhydrologischer und geologischer Daten. - 231 S., 154 Abb., Dissertation Universität Freiburg im Br.

HERRGESELL, G. (1995): Grundwassermodell Offenburg-Süd, Pfa 7.1 der Ausbau und Neubaustrecke Offenburg-Basel der Deutschen Bahn-AG. – Gutachten des Geologischen Landesamt Baden-Württemberg, Az. 2307.11/91-4763, Freiburg i. Br. [unveröff.].

HERRMANN, A. & STOBBER, I. (1996): Mächtigkeiten der gut durchlässigen Schichten in den quartären Kieslagern des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe, GLA, Freiburg [unveröff.].

HERRMANN, A., MEINKEN, W. & STOBBER, I. (1996): Durchlässigkeiten im Quartär des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe - Forschungsbericht des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg im Rahmen des LIFE – Projektes, Az: 1107.01/96-4763, 7 S., 22 Karten u. Anl.; Freiburg i. Br., [unveröff.].

HGK (1977): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg - Oberrheingebiet Bereich Kaiserstuhl - Markgräflerland mit Erläuterungen. - Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 7 Abb., 5 Tab., 6 Karten, 65 S., Freiburg im Breisgau, Karlsruhe.

HGK (1978a): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Raum Rastatt mit Erläuterungen. - Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-

Württemberg, 31 Abb., 9 Tab., 6 Karten, 52 S., Freiburg, Karlsruhe.

HGK (1978b): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Bereich – Bühl-Offenburg mit Erläuterungen. - Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 24 Abb., 7 Tab., 10 Karten, 68S., Freiburg im Breisgau, Karlsruhe.

HGK (1979): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet - Freiburger Bucht mit Erläuterungen, Bearbeiter: HUMMEL, P., WENDT, O., ZWÖLFER, F., & ESSLER, H. - Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 25 Abb., 10 Tab., 12 Karten, 72 S., Freiburg im Breisgau, Karlsruhe.

HGK (1980): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Raum Lahr mit Erläuterungen.- Geologisches Landesamt und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 63 S., 25 Abb., 7 Tab., 8 Karten, Freiburg i. Br., Karlsruhe.

HGK (1988): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe – Speyer. Analyse des Ist-Zustandes, Aufbau eines mathematischen Grundwassermodells, 111 S., 23 Abb., 9 Tab., Stuttgart, Mainz.

HGK (1999): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983-1989, 155 S., 71 Abb., 23 Tab., 18 Karten, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg; Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz.

HOMILIUS, H. J. & SCHREINER, A., mit Beitr. von DÜRBAUM, H. J. & LEIBER, J. (1991): Geoelektrische Untersuchungen in der Freiburger

Bucht.- Geol. Jb., E 48, 43-70, 9 Abb., 7 Taf.; Hannover, 1991.

HÜTTNER, R. (1991): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. Ein Überblick mit historischer Rückschau. - Geol. Jb., E 48: 17 – 42, 10 Abb., 1 Tab.; Hannover.

INTERREG II (2001): Erkundung der Grundwasserleiter und der Böden im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel, Abschlussbericht zum INTERREG II-Projekt, Ergebnisse und Karten, 101 S., 27 Abb., 16Tab., Waldshut.

INTERREG II (2002): Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen rheinnahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach, Endbericht, 172 S., Regierungspräsidium Freiburg.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ, RÉGION ALSACE (1996): Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens. – 166 S., 25 Abb., 5 Tab., Karlsruhe.

LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (2005): MONIT: Entwicklung von Prognosewerkzeugen, Zwischenpräsentation, 170 S., Karlsruhe.

LEIBER, J. (1976): Die Schichtenfolge der Tiefbohrung Lahr. - Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, 18, 1 Abb., 105-112, Freiburg im Breisgau.

LGRB (1998a): Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1000 000 mit Erl. 12. überarb. u. erweit. Aufl., VI + 142 S., 27 Abb., 2 Tab., Freiburg i. Br.

LGRB (1998b): Hydrogeologischer Bau in den Einzugsgebieten der Brunnen der Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG, Az. 1517.01/98-4763 vom 10.08.1998, unveröffentlichter Bericht,

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau. Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. [unveröff.].

LGRB (2000): Geologisch - hydrogeologischer Bau im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens südlich des Kaiserstuhls. Az. 0527.01/00-4763, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. [unveröff.].

LGRB (2001): Geologisch - hydrogeologischer Bau der Lockergesteinsfüllung der Freiburger Bucht. Az. 3579.01/99-4763, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. [unveröff.].

LGRB (2002): Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg, Freiburg i. Br. [unveröff.].

L'IFE (1996): Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwasser des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens“, Karlsruhe.

LUTZ, M. & CLEINTUAR, M. (1999) : Geological results of a hydrocarbon exploration campaign in the souther Upper Rhine Graben. – Bull. Appl. Geol., vol 4, Suppl., 3 – 80, 37 figs..

MÄCKEL, R. (1992): Naturraum des Mittleren und Südlichen Schwarzwaldes und Oberrheintieflandes. - in: Schwarzwald und Oberrheintiefland, Freiburger Hefte, Heft 36, 1 -23, Selbstverlag des Inst. F. Phys. Geographie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.

NOYER M.L., MENJOZ A., ELSASS P., THIERY D., MARTIN J.C. (1998) – Modèle de la nappe d'Alsace. Projet de développement 312. Rapport final. Rapport BRGM R 40335.

PFLUG, R. (1982): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. - Erträge Forsch., 184: X + 145

S., 43 Abb., 2 Tab.; Darmstadt (Wiss. Buchgesellschaft).

RPF/LGRB, BRGM (2006): Hochauflösende Reflexionsseismik auf dem Rhein und dem Rheinseitenkanal zwischen Mannheim und Rheinfeldern (Regierungspräsidium Freiburg/Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, LGRB/RPF – Fachbericht [in Vorbereitung]).

RPF/LGRB (2006): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg. Verzeichnis Geologischer Einheiten. - Aktual. Ausg. Febr 2006, Internet-Publ.: <http://www.lgrb.uni-freiburg.de>; Freiburg i. Br. (L-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ.). - [Bearb.: E. Villinger].

RÉGION ALSACE, LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ (2000): Synthèse et recommandations / Zusammenfassung und Empfehlungen - Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur / Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. Initiative communautaire INTERREG II, 30 S., Strasbourg.

SALOMON, W. (1927) : Die Erbohrung der Heidelberger Radium-Sol-Therme und ihre geologischen Verhältnisse. - Abh. Heidelberger Akad. Wiss. Math.-Nat. Kl., 14, 1 – 105, Heidelberg.

SCHAD, A. (1964) : Feingliederung des Miozäns und die Deutung der nacholigozänen Bewegungen im Mittleren Rheingraben - Abh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Heft 5, 1 - 56, 4 Abb., 8 Taf., Freiburg i. Br.

SCHREINER, A. (1992): Einführung in die Quartärgeologie, 104 Abb., 14 Tab., Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

SCHUHMACHER, M. E. (2002): Upper Rhine Graben: Role of preexisting structures during rift evolution - *Tectonics*, vol. 21, 1, 6 – 13, 12 figs..

SCHWEIZER, R (1992): Höhenänderungen von Nivellementpunkten im südlichen Oberrheingraben. - *Schr. Angew. Geol. Karlsruhe*, 16: VII + 180 S., 72 Abb., 11 Tab.; Karlsruhe.

SEIDEL, J., FAUSTMANN, A., RAUSCHKOLB, M. & SUDHAUS, D. (2004): Untersuchungen zur Landschaftsgeschichte entlang der TENP-Trasse im Raum Freiburg von 2001 bis 2003. - *Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br.*, 94, 151-173, 11 Abb., 1 Tab., Freiburg i. Br.

STOBER, I., WENDT, O. & TRAUB, R. (2002): Tiefenabhängige hydrogeologische Untersuchungen im Quartär und Pliozän des Oberrheingrabens – Ergebnisse der Erkundungs- und Messstellenbohrung bei Kehl. - *Abh. L.-Amt f. Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg*, 15, 255-301, 13 Abb., 5 Tab., Freiburg i. Br.

VILLINGER, E. (1986): Untersuchungen zur Flussgeschichte von Aare-Donau/Alpenrhein und zur Entwicklung des Malm-Karsts in Südwestdeutschland. - *Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg*, 28: 297-362, 10 Abb., 2 Tab., 3 Beil.; Freiburg i. Br.

VILLINGER, E. (1998): Zur Flussgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. - *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.*, 80: 361-398, Stuttgart.

VILLINGER, E. (1999): Freiburg im Breisgau - Geologie und Stadtgeschichte, LGRB Informationen, 12, 60 S., 27 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 2 Beil., Freiburg i. Br.

WERNER, W., GIEB, J. & LEIBER, J. (1995): Zum Aufbau pleistozäner Kies- und Sandablagerungen des Oberrheingrabens. *Ergebnisse roh-*

stoffgeologischer Untersuchungen im Raum Lichtenau-Karlsruhe-Waghäusel. – Jh. Geol. Landesamt Baden-Württemberg, 35 (1993): 361-394, Freiburg i. Br..

WERNER, W., LEIBER, J., BOCK, H. (1997): Die grobklastische pleistozäne Sedimentserie im südlichen Oberrheingraben: geologischer und lithologischer Aufbau, Lagerstättenpotential. - Zbl. Geol. Paläont., Teil 1, 9/10, S. 1059-1085, 7 Abb., 3 Tab., Stuttgart.

WIRSING, G., ELLWANGER, D. & ELSASS, P. (1999a): Ergebnisse der geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen an der Bohrung Bremgarten.- INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd - Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Az. 1429.01/99-4763, 16 – 39, [unveröff].

WIRSING, G., BRAM, K., BROST, E. & ELSASS, P. (1999b): Ergebnisse geophysikalischer

Untersuchungen im Oberrheingraben südlich des Kaiserstuhls. - INTERREG II Oberrhein Mitte-Süd - Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Az. 1429.01/99-4763, 1 – 15, [unveröff].

WIMMENAUER, W. (2003) mit Beitr. von BRÜSTLE, W., FINGER, P., FLECK, W., GRO-SCHOPF, R., HOMILIUS, J., KÖSEL, M., MAUS, HJ., MÜNZING, K., OHMERT, W., PLAUMANN, S., PUCHER, R., SCHREINER, A., VILLINGER, E. & WIRSING, G. : Blatt Kaiserstuhl - Geol. Kt. Baden-Württ. 1:25 000 mit Erläuterungen – 5. völlig neu bearb. Aufl., IX + 280 S., 26 Abb., 14 Tab., 8 Taf., 4 Beil., Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg, Freiburg im Breisgau.

ZIEGLER, P.A. (1992): European Cenozoic rift system. *Tectonophysics* 2008, 91 – 111.



Kanton Basel-Landschaft

