

## Geologische und hydrogeologische Profile, Teil 2: Hydrogeologie

### Coupes géologiques et hydrogéologiques, 2<sup>ème</sup> partie: hydrogéologie

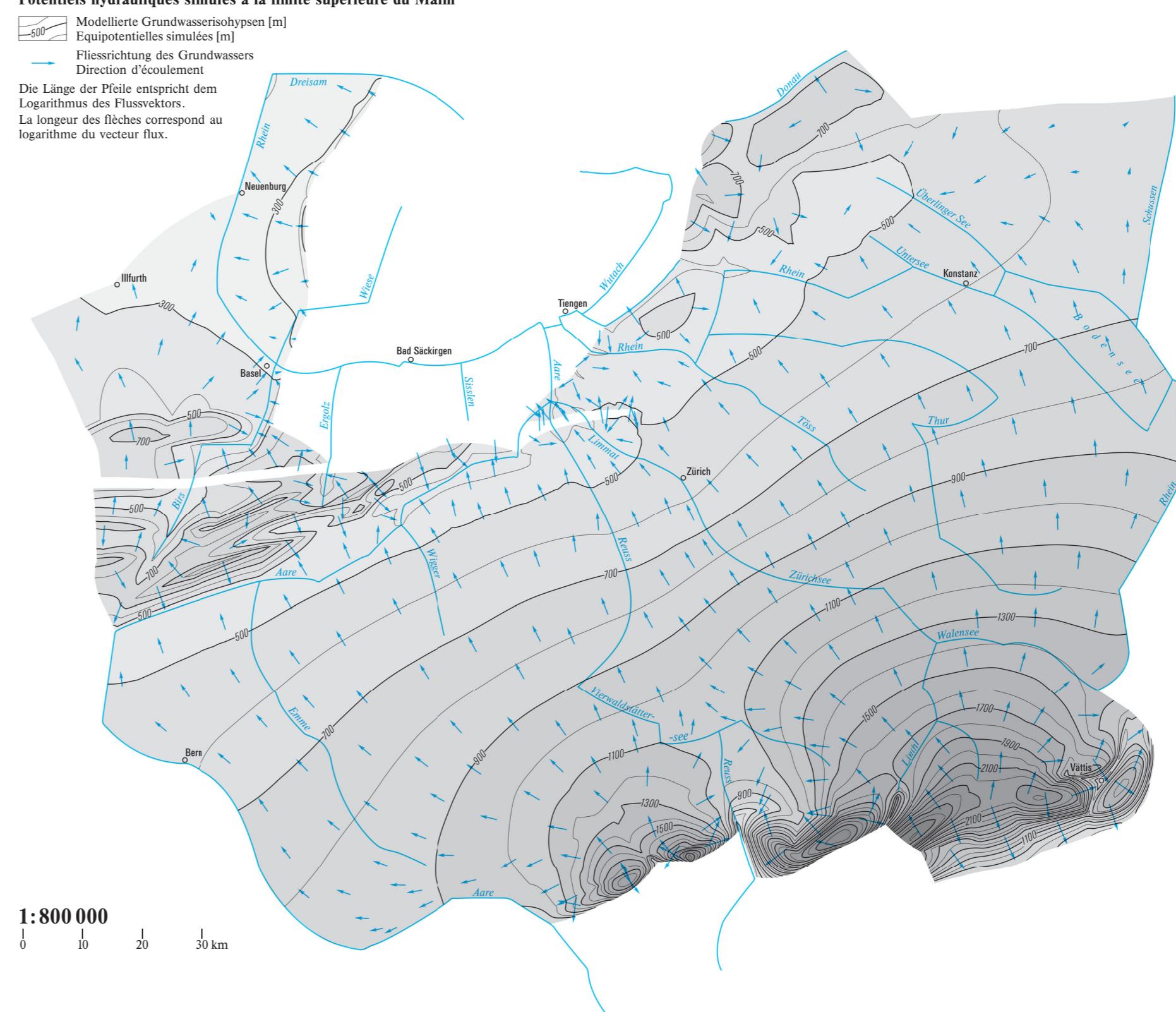
### Profili geologici e idrogeologici, parte 2: idrogeologia

### Geological and Hydrogeological Profiles, Part 2: Hydrogeology

Autoren / Auteurs / Autori / Authors:

Mahmoud Bouzelboudjen, László Király,  
Francesco Kimmeier, François Zwahlen  
Zentrum für Hydrogeologie, Geologisches Institut  
der Universität Neuenburg, Neuenburg  
Centre d'hydrogéologie, Institut de géologie  
de l'Université de Neuchâtel, Neuchâtel

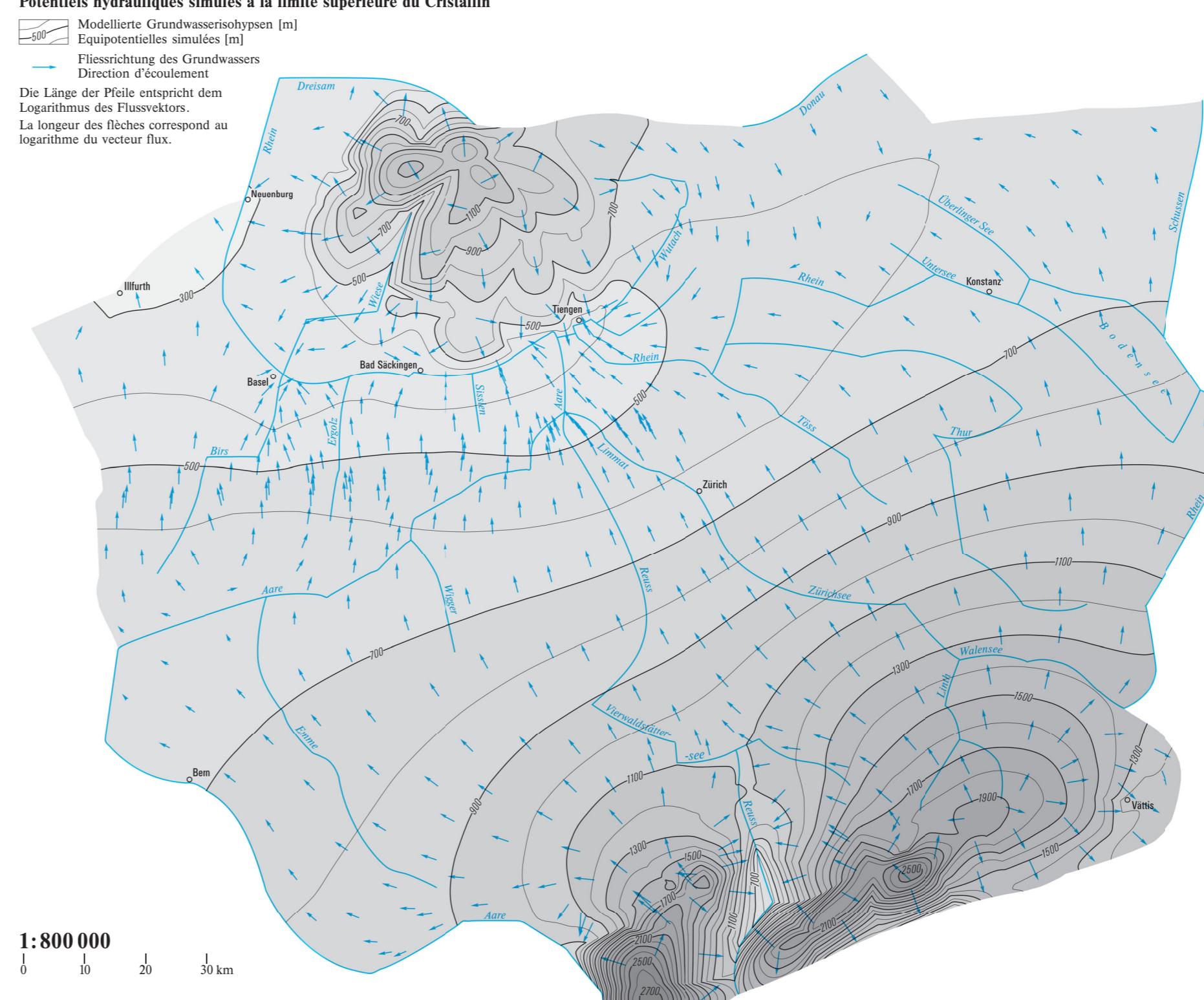
Fig. 4  
Simulierte hydraulische Potentiale an der Oberfläche des Malm  
Potentiels hydrauliques simulés à la limite supérieure du Malm



Der Mafnaquifer ist ein zentrales Element des tiefen Grundwasserströmungssystems. Die Infiltrationsgebiete liegen im Süden (Aufschlussgebiet, siehe dreidimensionale Darstellung 1:800 000), der Grundwasserfluss ist nach Norden in Richtung der regionalen Vorfluter ausgerichtet (Raum Konstanz in Figur 4 und Bereich der Aare in Profil 2).

L'aquifère du Malm joue un rôle important dans la circulation profonde des eaux souterraines du bassin. Les zones d'alimentation sont situées au sud (voir coupe 1:800 000) et les eaux souterraines s'écoulent vers les exutoires régionaux situés au nord (région de Constance sur la figure 4 et région de l'Aar dans la coupe 2).

Fig. 5  
Simulierte hydraulische Potentiale an der Oberfläche des Kristallins  
Potentiels hydrauliques simulés à la limite supérieure du Cristallin



Die Infiltrationsgebiete des verwitterten Kristallins liegen im Aar- und im Schwarzwaldmassiv (siehe dreidimensionale Darstellung 1:800 000). Die diese Horizont überlagerten Schichten sind sehr gestört und daher kann es eine Infiltrationserhaltung in den Massiven ausgeschlossen. Demzufolge findet Exfiltration nur in den Fällen statt, in denen das Kristallin aufgeschlossen ist (Profil 1). Im Alpengebiet kann Grundwasser vor allem im oberen Aaretal, in den Tälern der Reuss, des Rheins, der Linth sowie im Fenster von Vättis exfiltrieren. Im Schwarzwald liegen die Exfiltrationsgebiete in den Tälern der Wutach, der Kinzig und des Rheinseitens. Bei Singen und Tiengen aus Profil 2 geht hierzu das Grundwasser vom Süden her der Jura unterstößt und ins Rheintal exfiltriert. Der Vorfluter bildet die Grenze zwischen zwei regionalen Grundwasserströmungssystemen im Norden und Süden. Im Nordwesten fließen die Kristallin-Grundwässer aus dem modellierten Gebiet ab (Region Neuenburg am Rhein/Illfurth). Unter der Molasseüberdeckung verläuft die Grundwasserströmung im Kristallin bis zur Intraformationsschicht, nämlich Karbonat. Je weiter sich der Grundwasserscheide zwischen Süd und Nord nähert, umso bedeutender wird die vertikale Komponente der Grundwasserströmung im unverwitterten Kristallin (Profil 2, nördlich von Olten). Im Bereich des Rheintals drainiert die verwitterte Kristallinoberfläche die anderen, geringer verwitterten Kristallinhorizonte (Profil 2, Region Rheinfelden). Profil 2 verdeutlicht den Charakter des Rheintals als regionales Exfiltrationsgebiet.

Les zones de recharge de la partie supérieure altérée du Cristallin se trouvent dans le massif de l'Aar et dans celui de la Forêt Noire (voir représentation tridimensionnelle 1:800 000). Comme les formations qui surmontent la partie supérieure du Cristallin sont très peu perméables, l'alimentation de cette série géologique ne peut se faire en dehors des régions érosives. Par conséquent, la décharge s'effectue en surface dans les zones où affleure le Cristallin ou dans les vallées (coupe 1). Dans les Alpes, cette décharge est possible principalement dans le cours supérieur de l'Aar, de la Reuss, du Rhin, de la Linth, ainsi qu'à la «entrée de Vättis». Dans la Forêt Noire, la décharge s'effectue dans les vallées de la Wiese, de la Dreisam et du Rhin, entre Bad Säckingen et Tiengen. La coupe 2 montre que les eaux profondes peuvent également décharger dans la vallée du Rhin. Cette zone d'exutoire constitue une limite de séparation des systèmes d'écoulement souterrain régionaux provenant du sud et du nord. Dans la partie nord-ouest, les eaux souterraines du Cristallin quittent la région modélisée (secteur Neuenburg am Rhein/Illfurth). Sous le bassin molassique, les lignes d'écoulement dans le Cristallin sont perturbées par celles jusqu'au chevauchement principal du Jura. Au fur et à mesure que la distance à la limite de partage des eaux entre le sud et le nord, les flux verticaux dans la partie supérieure altérée du Cristallin deviennent importants (coupe 2, au nord de Olten). Dans la région proche de l'écoulement de la vallée du Rhin, la partie supérieure altérée du Cristallin draine les autres parties du Cristallin peu altéré (coupe 2, région de Rheinfelden). La coupe 2 met en évidence le rôle de la vallée du Rhin comme zone d'exutoire régionale.



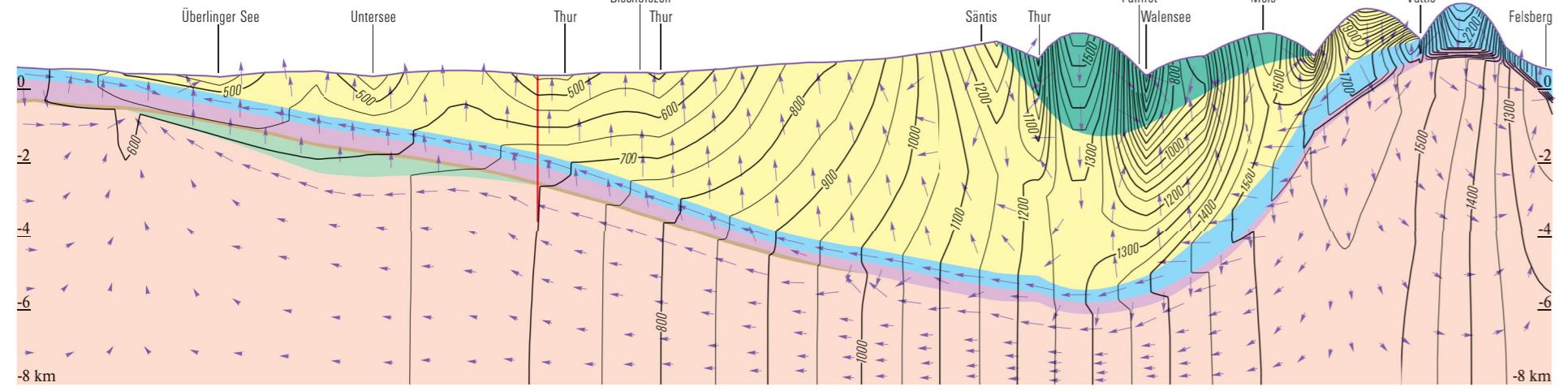
## Geologische und hydrogeologische Profile, Teil 2: Hydrogeologie

### Coupes géologiques et hydrogéologiques, 2<sup>e</sup> partie: hydrogéologie

Profil 1

Coupe 1

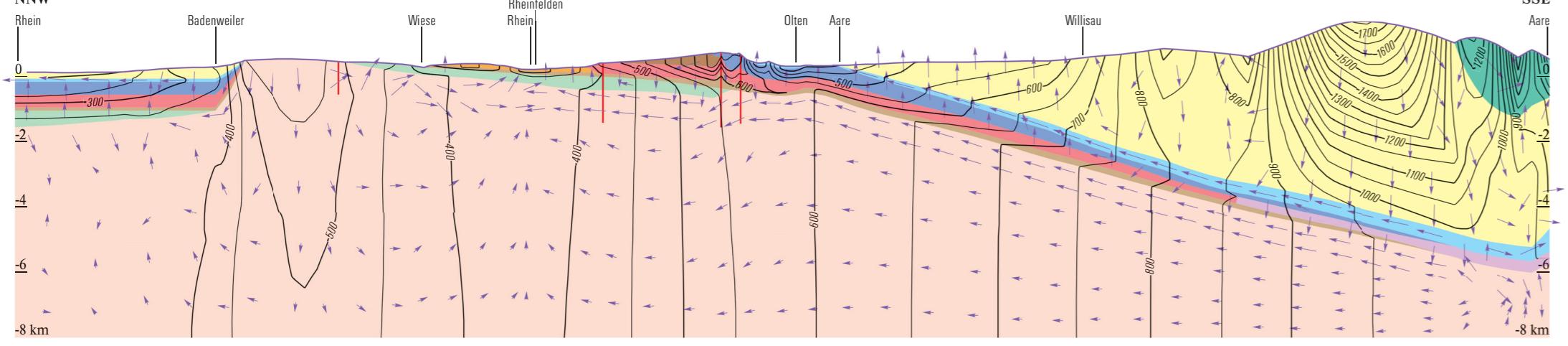
NNW



Profil 2

Coupe 2

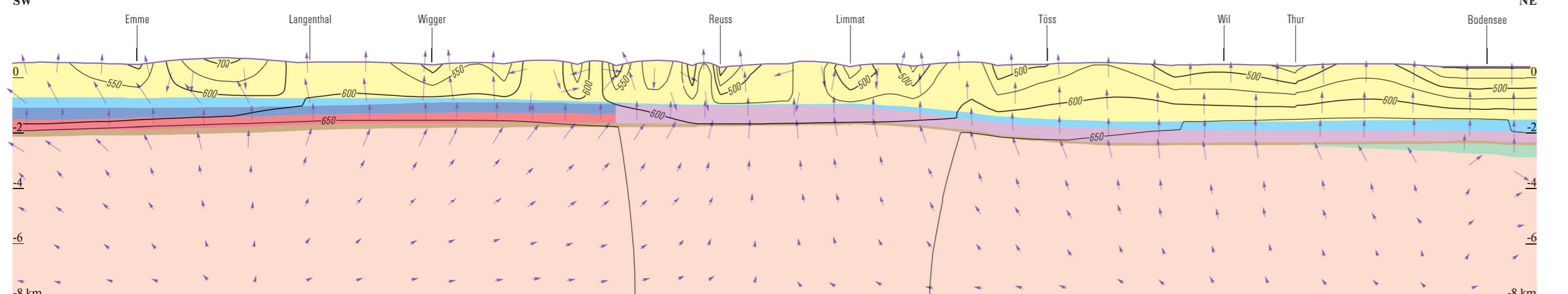
NNW



Profil 3

Coupe 3

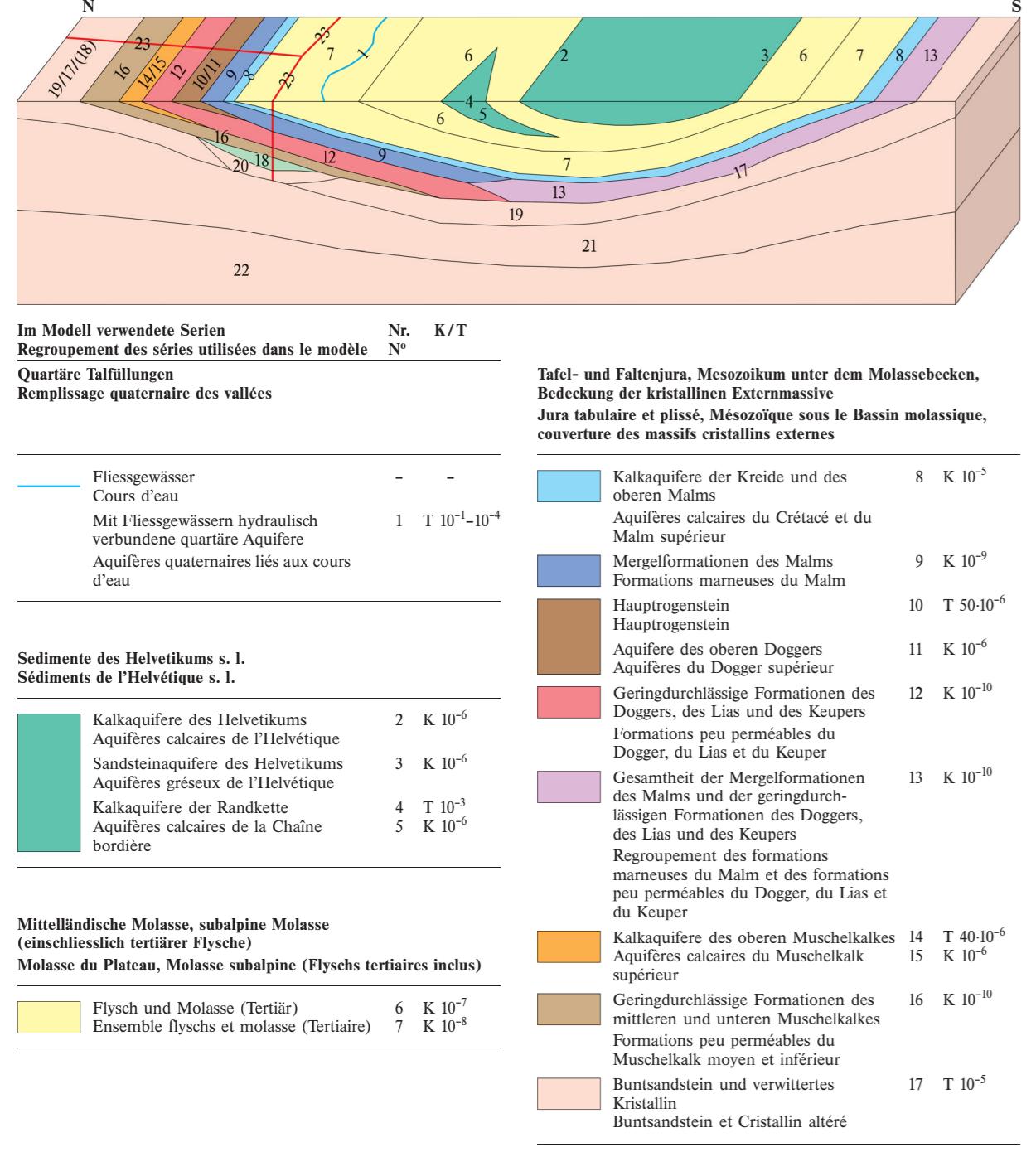
SW



Massstab der Profile 1:500 000, dreifach überhöht / Echelle des coupes 1:500 000, exagération verticale trois fois

### Legende

#### Schematisches Blockdiagramm des hydrogeologischen Modells Bloc-diagramme schématique du modèle hydrogéologique



Autoren / Auteurs:  
Mahmoud Bouzelboudjen, László Király, Francesco Kimmeier,  
François Zwahlen

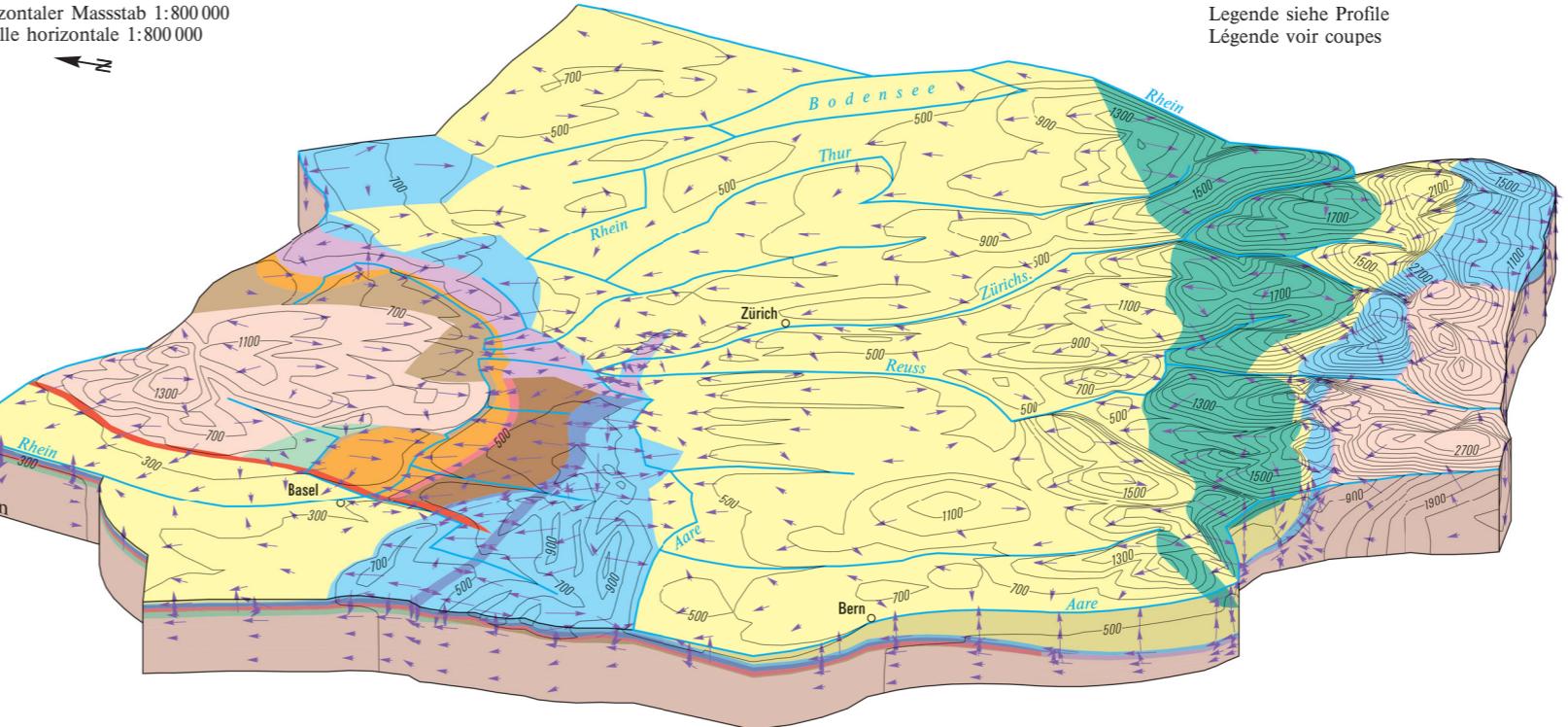
Abschluss der wissenschaftlichen Bearbeitung 1996  
Elaboration scientifique achevée en 1996

Redaktion und kartographische Bearbeitung:  
Rédaction et élaboration cartographique:  
Geographisches Institut der Universität Bern – Hydrologie  
Institut de géographie de l'Université de Berne – Hydrologie

Druck / Impression:  
Bureau fédéral de Landeskartographie, Wabern-Bern  
Office fédéral de topographie, Wabern-Berne  
© Landeshydrologie und geologie, BUWAL, Bern 1997  
Service hydrologique et géologique national, OFEPP, Berne 1997

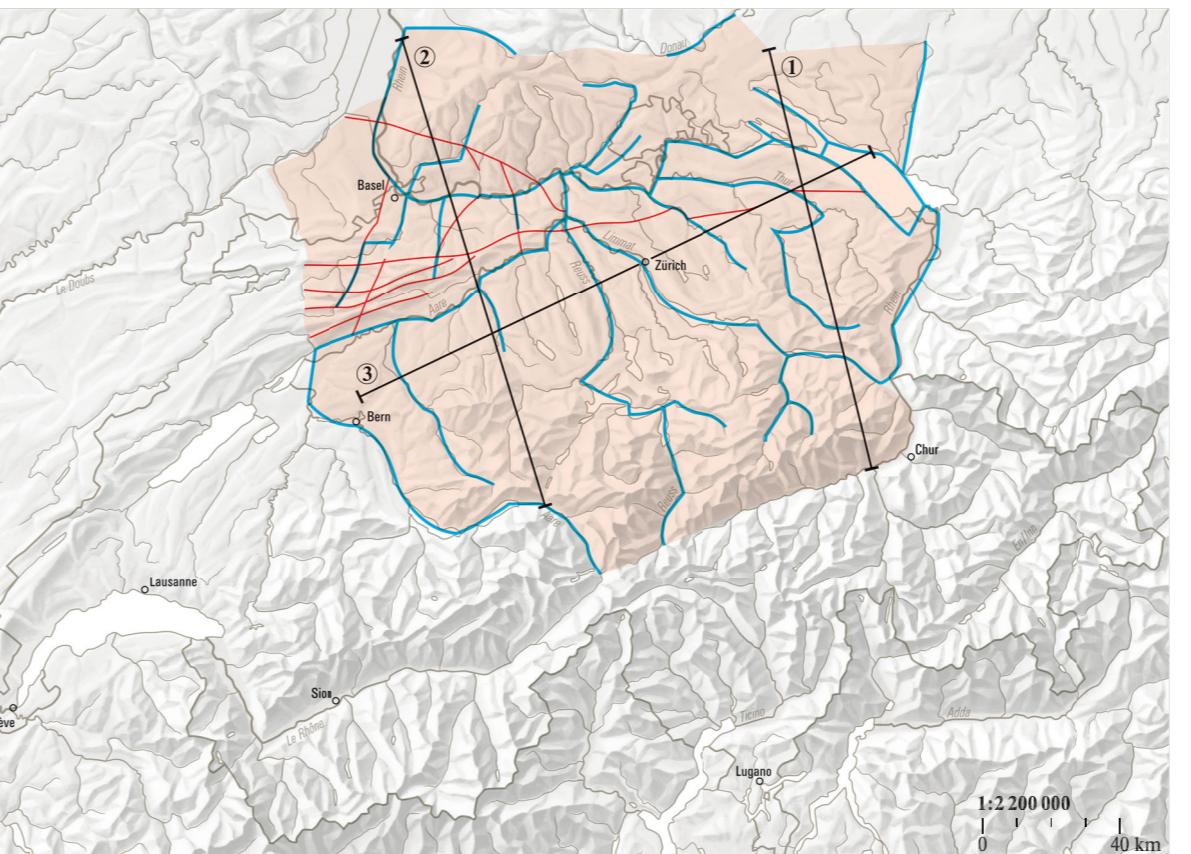
### Dreidimensionale Darstellung der simulierten Grundwasserströmung Représentation tridimensionnelle des écoulements souterrains simulés

Horizontaler Massstab 1:800 000  
Echelle horizontale 1:800 000



Legende siehe Profile  
Legende voir coupes

Fig. 1  
Lage des Untersuchungsgebietes  
Situation de la zone d'étude



Lage des dreidimensionalen Modells  
Situation du modèle tridimensionnel  
Fließgewässer Modell  
Cours d'eau du modèle  
Verwerfungen und Überschiebungen im Modell  
Failles et chevauchements du modèle  
Lage der Profile  
Situation des coupes

### Definitionen

#### Définitions

Fig. 2  
Gebiete der Infiltration und der Exfiltration  
Zones d'alimentation et d'exfiltration

Modelliert Grundwasserisohypsen [m]  
Equipotentielle simulées [m]

Grundwasseroberfläche  
Surface de la nappe libre

Fließrichtung des Grundwassers  
Direction d'écoulement

Die Länge der Pfeile entspricht dem Logarithmus des Flussvektors.  
La longueur des flèches correspond au logarithme du vecteur flux.

Grundwasserisohypsen  
Equipotentielle

Grundwasserisohypsen sind im zweidimensionalen Fall Linien und im dreidimensionalen Fall Flächen, welche Punkte mit gleichem hydrostatischem Potential verbinden.

Les équipotentielles sont des lignes (cas bidimensionnel) ou des surfaces (cas tridimensionnel) reliant les points de même potentiel hydrostatique.

Das Modellgebiet wird in sogenannte «Finite Elemente» mit einfachen geometrischen Formen aufgeteilt (siehe Schema). Die Form der Elemente ist durch die Position der auf den Elementseiten liegenden Knotenpunkte definiert. Jedes Element wird ein Durchflusssystem von Seinen zu seinen benachbarten Diffusionsgleichung in jedem Element, so ergibt sich daraus eine Anzahl linearer Gleichungen, welche die Zahl der Knotenpunkte im Modell entspricht (gewöhnlich zwischen 1000 und 200000). Die Lösung des Gleichungssystems [4] liefert für jeden Knotenpunkt entweder das hydrostatische Potentiel (bei Anwendung der Infiltrations- oder Exfiltrationsregeln) oder die Zeitspanne (Weglänge und Anfangspotential). Potentiale, Infiltrations- und Entnahmemengen sowie Nullflussgrößen werden als «Randbedingungen» bezeichnet. Ohne Randbedingungen kann man die Grundwasserströmung nicht simulieren.

On subdivise la région d'écoulement en «éléments finis», de géométrie relativement simple (voir schéma), chaque élément étant défini par la position d'un certain nombre de «nœuds» (points sur les arêtes). Ensuite, à chaque nœud, on applique soit une condition de démagasement, et en intégrant l'équation différentielle sur chaque élément, on obtient autant d'équations linéaires qu'il y a de noeuds dans le modèle (généralement entre 1000 et 200000). En résolvant le système d'équations [4], on calcule pour chaque noeud, soit le potentiel hydrostatique (la où le débit est imposé), soit le débit en surface ou sous-surface (la où le potentiel est imposé). Les valeurs de potentiel, infiltrations- et entraînements ainsi que nullfluxs sont alors «conditionnées aux limites». On subdivise la région d'écoulement en «éléments finis», de géométrie relativement simple (voir schéma), chaque élément étant défini par la position d'un certain nombre de «nœuds» (points sur les arêtes). Ensuite, à chaque nœud, on applique soit une condition de démagasement, et en intégrant l'équation différentielle sur chaque élément, on obtient autant d'équations linéaires qu'il y a de noeuds dans le modèle (généralement entre 1000 et 200000). En résolvant le système d'équations [4], on calcule pour chaque noeud, soit le potentiel hydrostatique (la où le débit est imposé), soit le débit en surface ou sous-surface (la où le potentiel est imposé). Les valeurs de potentiel, infiltrations- et entraînements ainsi que nullfluxs sont alors «conditionnées aux limites».

Hydraulischer Gradient  
Gradient hydraulique

Der hydraulische Gradient ist ein Vektor, der an jedem Punkt des Elements definiert ist durch die Summe der Positionsände der Punktes «A» über einem Referenzniveau und der im selben Punkt gemessenen Druckhöhe. Das hydrostatische Potential ist nicht gleich dem Druck des Grundwassers im Punkt «A».

Defini en un point quelconque «A» de l'aquifère, le potentiel hydrostatique est la somme de l'altitude de ce point au-dessus d'un niveau de référence et de la hauteur d'eau correspondant à la pression de l'eau souterraine en ce même point. Le potentiel hydrostatique n'est pas égal à la pression de l'eau souterraine au point «A».

Hydraulischer Gradient  
Gradient hydraulique

On subdivise la région d'écoulement en «éléments finis», de géométrie relativement simple (voir schéma), chaque élément étant défini par la position d'un certain nombre de «nœuds» (points sur les arêtes).

Ensuite, à chaque nœud, on applique soit une condition de démagasement, et en intégrant l'équation différentielle sur chaque élément, on obtient autant d'équations linéaires qu'il y a de noeuds dans le modèle (généralement entre 1000 et 200000). En résolvant le système d'équations [4], on calcule pour chaque noeud, soit le potentiel hydrostatique (la où le débit est imposé), soit le débit en surface ou sous-surface (la où le potentiel est imposé). Les valeurs de potentiel, infiltrations- et entraînements ainsi que nullfluxs sont alors «conditionnées aux limites».

Das Prinzip der «Finite-Elemente-Methode»  
Principe des modèles mathématiques à «éléments fins»

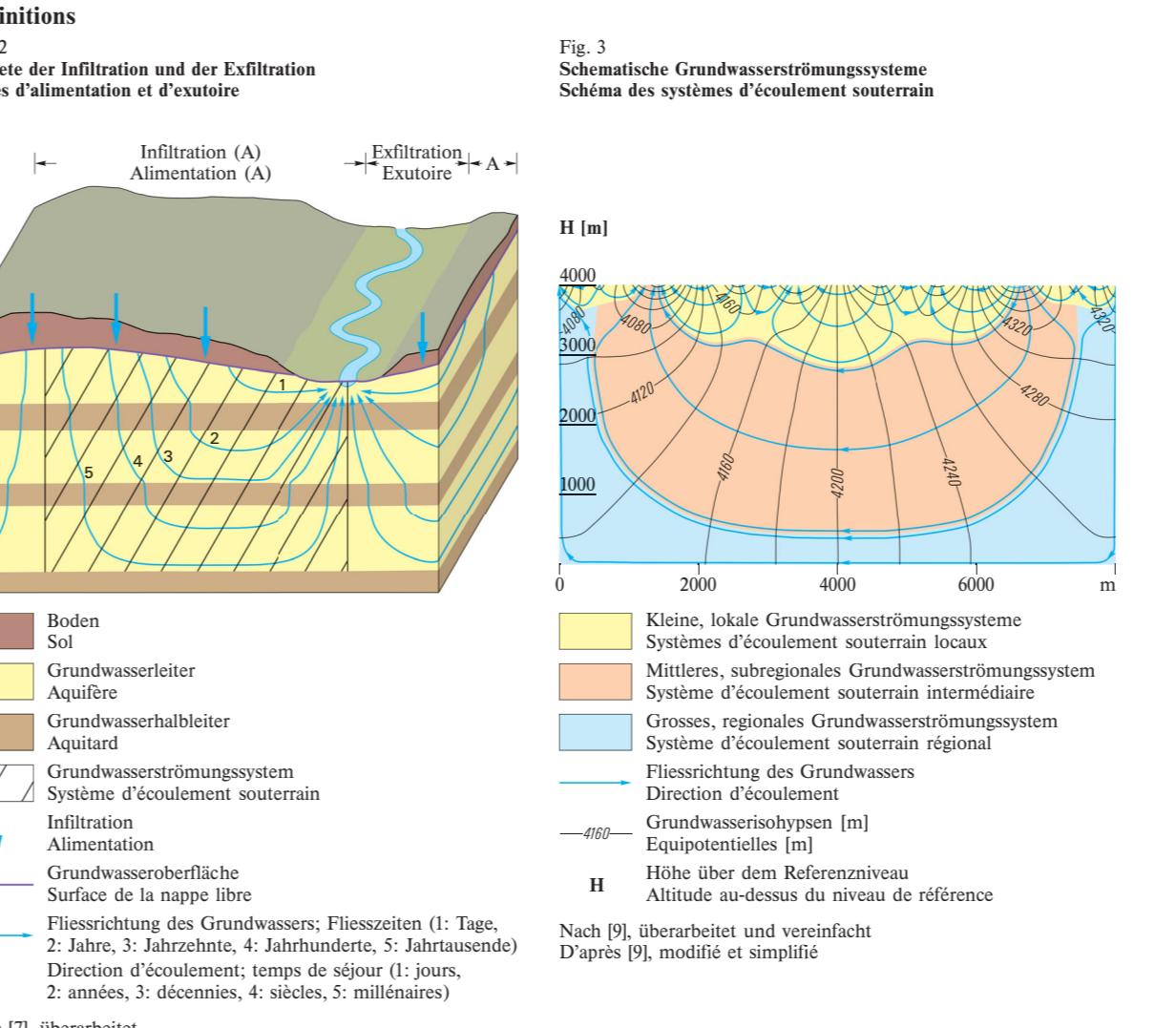


Fig. 3  
Schematische Grundwasserströmungssysteme  
Schéma des systèmes d'écoulement souterrain

Infiltration (A)  
Alimentation (A)  
Exfiltration  
Exfiltration A

H [m]  
Boden  
Sol  
Grundwasserleiter  
Aquifère  
Grundwasserhableiter  
Aquifère  
Grundwasserströmungssystem  
Système d'écoulement souterrain régional  
Fliessrichtung des Grundwassers  
Direction d'écoulement  
Infiltration  
Grundwasserisohypsen [m]  
Equipotentielle [m]  
Grundwasseroberfläche  
Surface de la nappe libre  
Höhe über dem Referenzniveau  
Altitude au-dessus du niveau de référence  
Nach [9], überarbeitet und vereinfacht  
Nach [9], modifié et simplifié  
D'après [7], modifié

