**Zeitschrift:** Bulletin für angewandte Geologie

**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung der Petroleum-Geologen und –Ingenieure; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieur-Geologie

**Band:** 9 (2004)

**Heft:** 1

**Artikel:** Etude des régimes hydrologiques complexes dans l'aquifère de la Reuss à Hünenberg (ZG)

**Autor:** Grasso, Domenico Alessandro / Schürch, Marc / Kozel, Ronald

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-224988

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 18.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Etude des régimes hydrologiques complexes dans l'aquifère de la Reuss à Hünenberg (ZG)

Domenico Alessandro Grasso[1], Marc Schürch[1] & Ronald Kozel[1]

**Mots-clés:** Hydrogéologie, aquifère en roche meuble, relation eau de surface–eau souterraine, réseau national d'observation, niveau d'eau souterraine, vallée de la Reuss

**Résumé**
L'aquifère en roche meuble à Hünenberg (ZG) est situé entre les rivières Reuss et Lorze. Un canal de drainage partage son régime hydrologique en deux zones d'influence : l'une est contrôlée par le régime hydrologique alpin de la Reuss et l'autre par le régime du Plateau propre à la Lorze. L'analyse des courbes de fréquence relative des niveaux mensuels de l'eau souterraine et la modélisation numérique de l'écoulement souterrain permettent de visualiser l'effet hydraulique du canal. Les variations saisonnières des niveaux d'eau souterraine ont été observées aux quatre piézomètres qui sont situés sur un profil perpendiculaire à la direction de l'écoulement entre la Reuss et la Lorze et qui font partie du réseau national d'observation des niveaux d'eau souterraine et des débits de sources (NABESS) de l'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG).

**Schlagwörter:** Hydrogeologie, Lockergesteins-Grundwasserleiter, Oberflächenwasser–Grundwasser-Beziehung, Nationales Beobachtungsnetz, Grundwasserstände, Reusstal

**Zusammenfassung**
Der Lockergesteins-Grundwasserleiter bei Hünenberg (ZG) liegt zwischen den Oberflächengewässern Reuss und Lorze. Ein Drainagekanal teilt den Grundwasserleiter hydraulisch in zwei Zonen mit verschiedenen Fliessregimen: In eine durch das alpine hydrologische Regime der Reuss bestimmte Zone und in eine durch das mittelländische Regime der Lorze geprägte Zone. Die Analyse der relativen Häufigkeitskurven der monatlichen Grundwasserstände und die numerische Modellierung des unterirdischen Fliessregimes erlauben den Drainageeffekt des Kanals darzustellen. Die jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasserstände wurden in vier Piezometern beobachtet, die sich auf einem Profil senkrecht zur Fliessrichtung zwischen der Reuss und der Lorze befinden und die zum nationalen Netz zur Beobachtung der Grundwasserstände und Quellschüttungen (NABESS) des Bundesamtes für Wasser und Geologie (BWG) gehören.

## 1. Introduction

Les aquifères en roche meuble dans les plus importantes vallées de la Suisse sont souvent recoupés par des canaux, qui ont été généralement construits pour drainer les eaux souterraines et ainsi aménager les plaines alluviales. Par conséquent, ces canaux modifient fortement les régimes d'écoulement souterrain. L'objectif de la présente note est de présenter à titre d'exemple les deux régimes hydrologiques de l'aquifère graveleux à Hünenberg (ZG) respectivement en relation avec les rivières Reuss et Lorze, ainsi que de déterminer l'effet hydraulique d'un canal de drainage sur ces deux régimes. L'analyse des courbes de fréquence relative des niveaux de l'eau souterraine et un simple modèle numérique à éléments finis ont été utilisées pour représenter les régimes d'écoulement souterrain de l'aquifère à Hünenberg.

L'Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG) a développé et gère depuis 1976 le réseau national d'observation des niveaux d'eau souterraine et des débits de sources (NABESS). L'objectif du réseau NABESS est d'observer l'évolution quantitative des eaux souterraines dans des aquifères principaux en Suisse. Dans son état actuel, le réseau NABESS observe les niveaux d'eau de 41 piézomètres et les débits de deux sources (OFEG 2003). Les 41 piézomètres de NABESS sont situés essentiellement dans les aquifè-

[1] Office fédéral des eaux et de la géologie (OFEG), 3003Berne-Ittigen, marc.schuerch@bwg.admin.ch.

res en roches meubles des plus importantes vallées de la Suisse; les deux sources observées, la source de l'Areuse (NE) et la source de Schlichenden Brünnen (SZ), émergent des aquifères carbonatés karstiques (Buttet & Eberhard 1995). Un projet de l'OFEG pour augmenter la représentativité et pour compléter le réseau NABESS en s'appuyant sur d'autres réseaux existants est en cours. Les piézomètres à Hünenberg, dont les données ont été utilisées dans la présente étude, font partie du réseau NABESS depuis juin 1985.

## 2. Situation hydrologique et hydrogéologique

La zone d'étude est située dans la vallée de la Reuss à environ 20 km en aval du lac des Quatre-Cantons. Le bassin d'alimentation de la Reuss s'étend dans les Alpes de la Suisse centrale et, par conséquent, la Reuss montre un régime alpin avec les hautes eaux en été et les basses eaux en hiver (Weingartner & Aschwanden 1992). Le lac des Quatre-Cantons tamponne les crues de la Reuss en aval. Dans la région étudiée, la Reuss alimente les eaux souterraines par infiltration; l'effet d'alimentation par la Reuss des roches meubles de l'aquifère étudié est surtout important en période des hautes eaux d'été et en période de crue. L'aquifère étudié est en même temps drainé par la Lorze. Le bassin versant de celle-ci appartient à la bordure sud du Plateau et il en résulte que la Lorze montre un régime hydrologique du Plateau. Ce régime est déterminé principalement par les précipitations et l'évapotranspiration et en moindre mesure par les événements saisonniers comme la fonte des neiges. L'effet de drainage par la Lorze de l'aquifère à Hünenberg est surtout important en période d'étiage.

L'aquifère, d'une largeur d'environ 2 km, est formé principalement de graviers sableux à silteux d'une épaisseur d'environ 10 m (figure 1). L'hétérogénéité spatiale de la lithologie est importante, la perméabilité moyenne observée dans les piézomètres est d'environ $3{,}5 \times 10^{-3}$ m/s (Jäckli & Kempf 1972, Jäckli 1982, Kempf 1986).

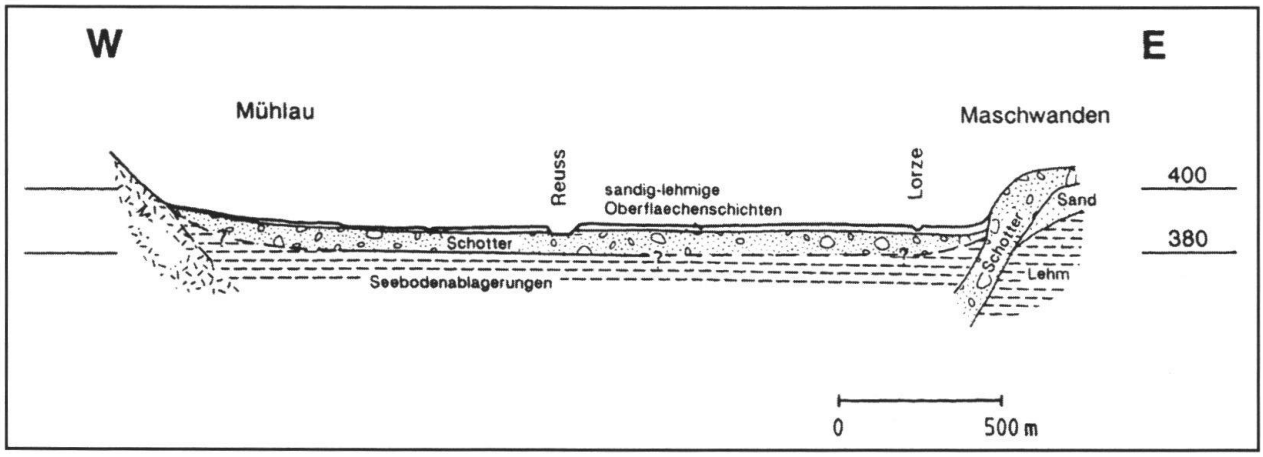


**Fig. 1:** Profil géologique schématique perpendiculaire à la direction de l'écoulement, 1,5 km au nord de Stadelmatt, selon Jäckli & Kempf (1972).

La nappe souterraine de l'aquifère en roche meuble à Hünenberg est limitée à l'ouest par la rivière Reuss et à l'est par la rivière Lorze (figure 2). L'aquifère est généralement alimenté par la Reuss au sud-ouest. Les eaux souterraines circulent dans les roches meubles depuis cette zone de recharge vers le nord-est, où l'aquifère est drainé par la Lorze. La plaine alluviale est traversée par un canal de drainage qui est situé le long de la Reuss.

L'aquifère en roche meuble de Stadelmatt à Hünenberg est observé par quatre piézomètres (S–A, S–B, S–C et S–D), ces derniers sont équipés de limnigraphes qui enregistrent le niveau d'eau souterraine en continu. Ces piézomètres sont situés sur une ligne perpendiculaire à la direction de l'écoulement. Deux stations hydrométriques permettent l'observation du régime de la Reuss à Mühlau et de la Lorze à Frauental. Les niveaux d'eau ont aussi été calculés pour la station Lorze-fictive, située environ 0,5 km au nord de la station Lorze-Frauental (figure 2).

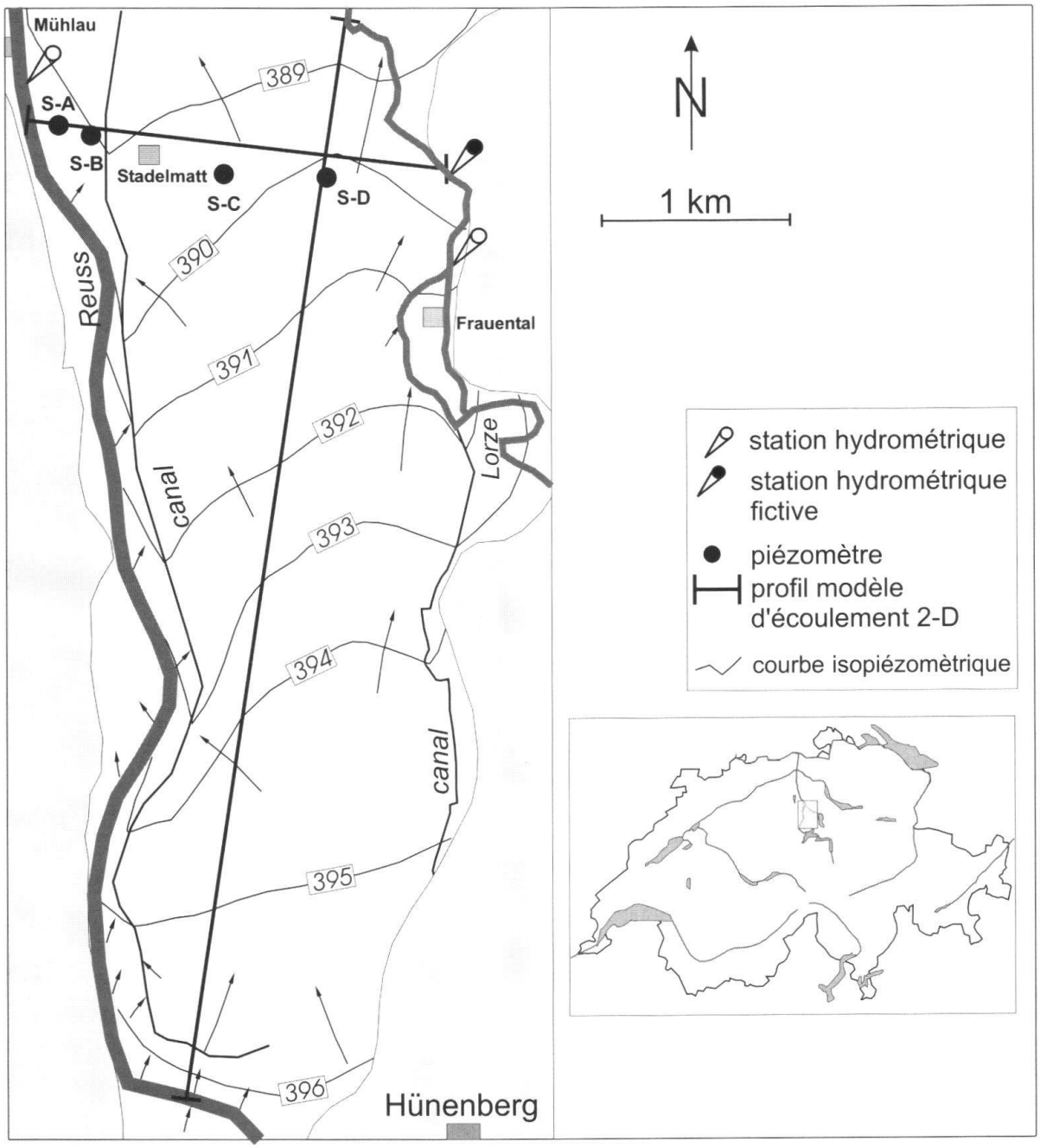


**Fig. 2:** Région d'étude. Les informations hydrogéologiques sont tirées de Jäckli & Kempf (1972).

La figure 3 montre les hydrogrammes des moyennes mensuelles des niveaux d'eau des quatre piézomètres à Stadelmatt et des deux stations hydrométriques Reuss-Mühlau et Lorze-fictive pour la période de mesure comprise entre janvier 1986 et décembre 2000. Le niveau calculé à la station Lorze (fictive) est toujours inférieur à celui observé dans le piézomètre S–D, tandis que le niveau de la Reuss est toujours supérieur à celui du piézomètre S–A.

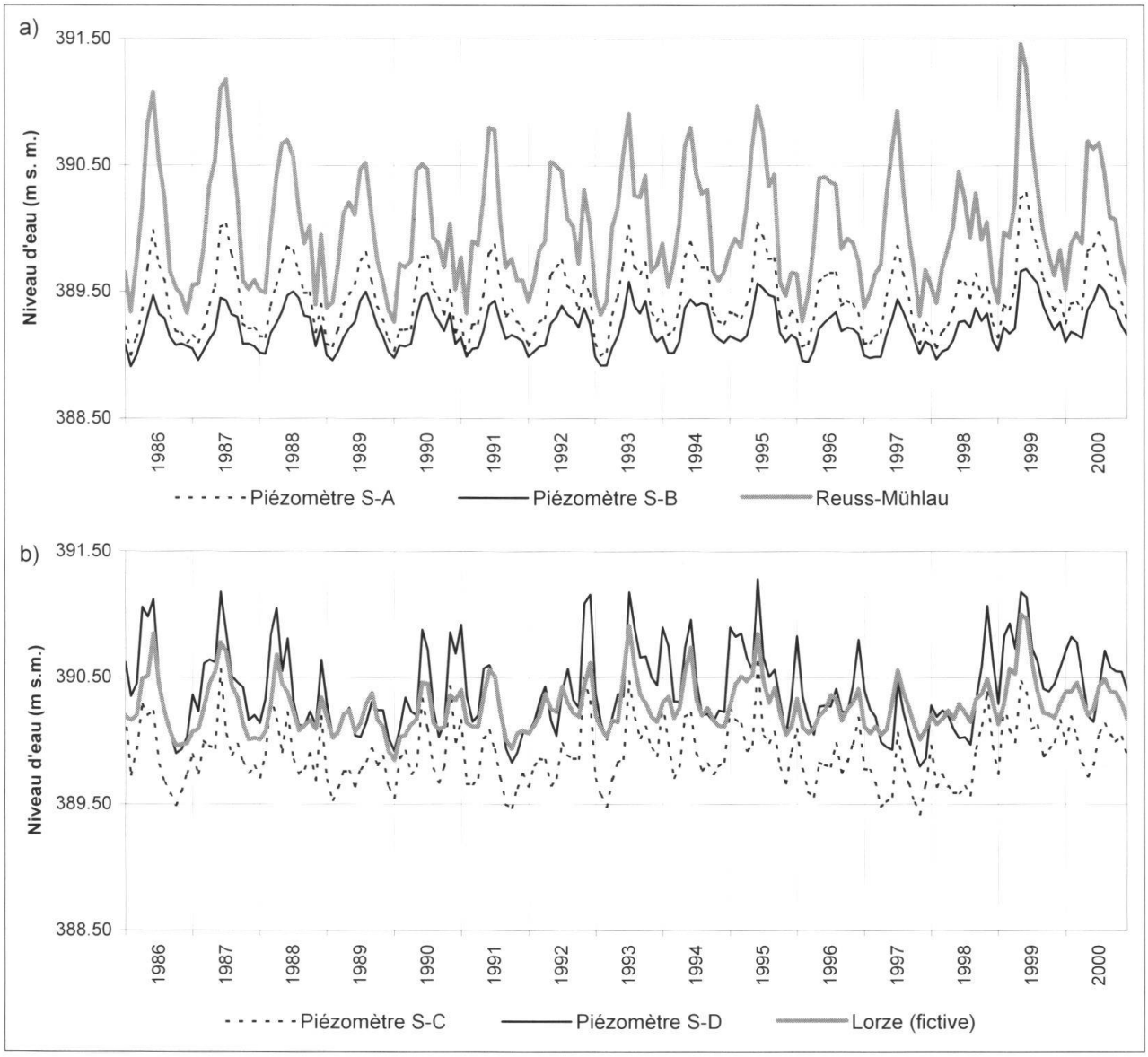


**Fig. 3:** Hydrogrammes des relevés piézométriques et hydrométriques des stations à Hünenberg. a) Zone de l'aquifère entre la Reuss et le canal de drainage, b) Zone de l'aquifère entre le canal et la Lorze.

## 3. Outils d'analyse

### 3.1 Approche statistique

Le relevé d'une série pluriannuelle des hauteurs d'eau d'une rivière ou des niveaux d'une eau souterraine montre habituellement des variations saisonnières systématiques (hautes et basses eaux) en fonction des principaux facteurs influençant l'écoulement : le régime climatique, la nature du bassin versant, sa situation géographique, les

interactions eaux de surface–eaux souterraines, etc. Le régime hydrologique d'un cours d'eau ou d'une nappe souterraine reflète l'ensemble des caractéristiques hydrologiques. Il peut être défini par l'analyse des variations des niveaux d'eau.

Une courbe de fréquence relative des niveaux d'eau mensuels sur une série pluriannuelle (Bois 1980, Aschwanden & Weingartner 1986) représente, en pourcentage, la distribution continue de la fréquence d'événements. Les courbes cotées 10, 20, 50,..., 90% indiquent les valeurs de niveau d'eau mensuel ayant respectivement 10, 20, 50,..., 90% de probabilité d'être atteintes ou dépassées (Musy & Laglaine 1992). Nous utilisons ici la courbe de fréquence relative des niveaux d'eau cotée à 50% pour comparer le régime des rivières avec celui de la nappe observée dans les piézomètres (figure 4).

### 3.2 Représentation graphique par un modèle numérique

Pour visualiser les écoulements souterrains un simple modèle à éléments finis rédigé en QuickBasic a été conçu. Le modèle est mono-couche et le calcul se fait en deux dimensions avec des fonctions d'interpolation linéaire. Les précipitations sont négligées dans les calculs vu leur faible apport par rapport aux infiltrations des eaux de surface. Le modèle permet de décomposer le domaine en un ensemble «d'éléments» (dans notre cas en deux dimensions en coupe verticale) et de calculer la valeur du potentiel en différents points du domaine. La distribution des champs de potentiels du modèle numérique permet de différencier des sous-systèmes d'écoulement distincts (figures 5 et 6).

## 4. Résultats

### 4.1 Analyse des courbes de fréquence relative

En utilisant les observations mensuelles des niveaux d'eau souterraine, ainsi que des niveaux d'eau de la Reuss et de la Lorze pour la période de mesure entre 1986 et 2000, les courbes de fréquence des niveaux d'eau cotées à 50% (médiane) ont été calculées pour les quatre piézomètres et pour les stations de la Reuss à Mühlau et de la Lorze (fictive). Les graphiques obtenus permettent de comparer le régime des niveaux d'eau de la nappe souterraine avec ceux de la Reuss (figure 4a) et de la Lorze (figure 4b).

Le régime des fluctuations des niveaux d'eau souterraine aux piézomètres S–A et S–B correspond à celui de la Reuss, qui montre un régime hydrologique alpin avec les hautes eaux en été et les basses eaux en hiver. Les trois courbes de fréquence relative ont une forme comparable. Leur amplitude est importante (différence de niveau entre les basses et les hautes eaux) et les courbes s'aplatissent en s'éloignant de la Reuss (figure 4a).

Le régime de la nappe souterraine aux piézomètres S–C et S–D est semblable à celui de la Lorze (figure 4b), qui correspond à un régime du Plateau. Les trois courbes de fréquence sont étalées (leur amplitude est faible). Le niveau de la courbe de fréquence du piézomètre S–D est toujours supérieur à celui des piézomètres S–A, S–B et S–C et de la Lorze. Ceci indique que la nappe souterraine au piézomètre S–D ne peut pas être alimentée latéralement par la Reuss, étant donné que le niveau d'eau souterraine dans le S–A est plus bas que dans le S–D, ni par la Lorze étant donnée que celle-ci est drainante.

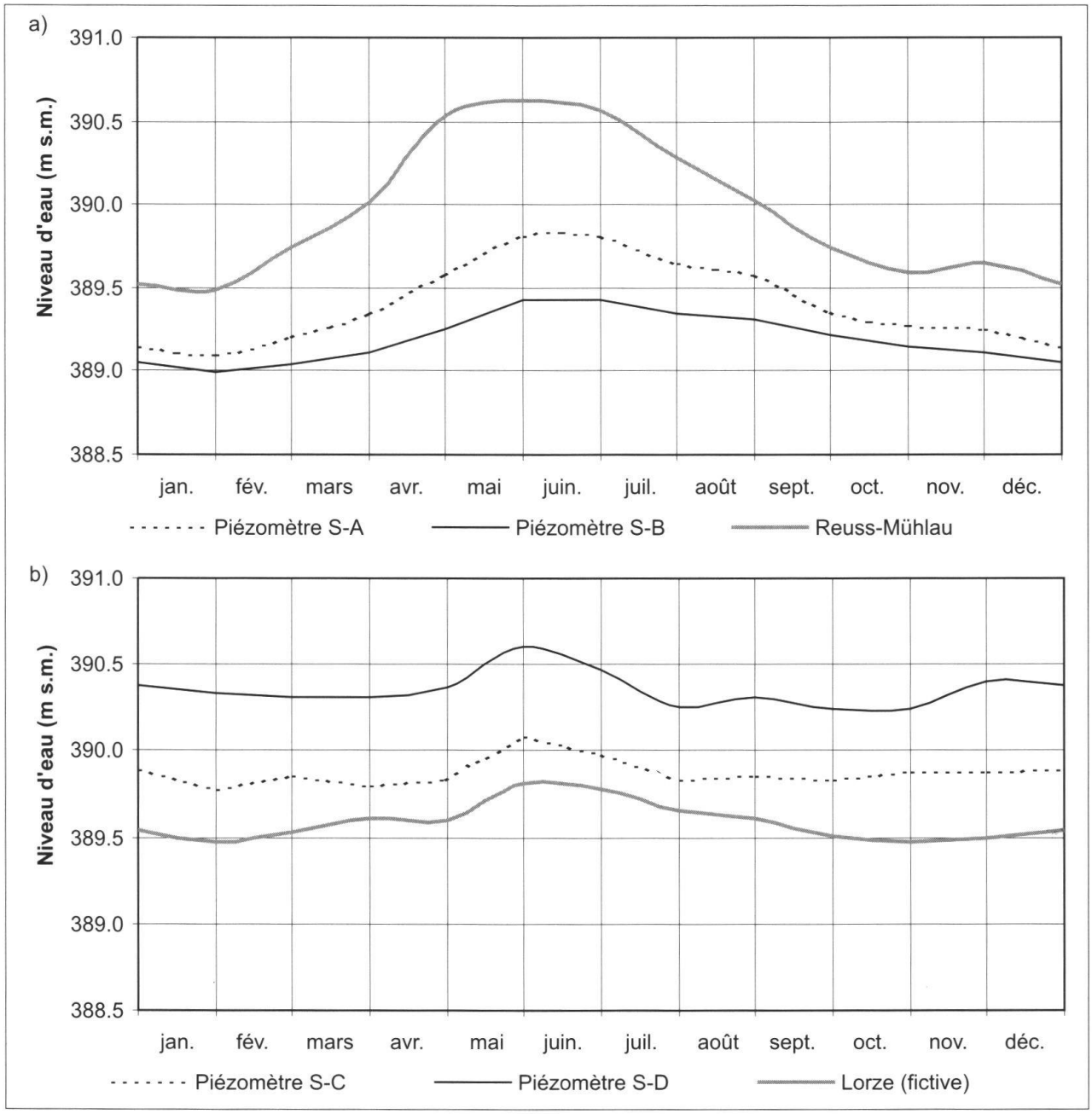


**Fig. 4:** Fréquences relatives des niveaux d'eau mensuels cotées 50% (médiane) pour la période de mesure de janvier 1986 à décembre 2000. a) Zone de l'aquifère entre la Reuss et le canal de drainage, b) Zone de l'aquifère entre le canal et la Lorze.

## 4.2 Représentation graphique des écoulements

La modélisation de la nappe souterraine à Hünenberg montre d'une manière schématique les différents systèmes d'écoulement et met en évidence les zones d'influence des rivières Reuss et Lorze. La distribution du champ des potentiels a été simulée en coupe verticale perpendiculaire à la direction de l'écoulement (figure 5), ainsi que le long de l'axe de la vallée (figure 6).

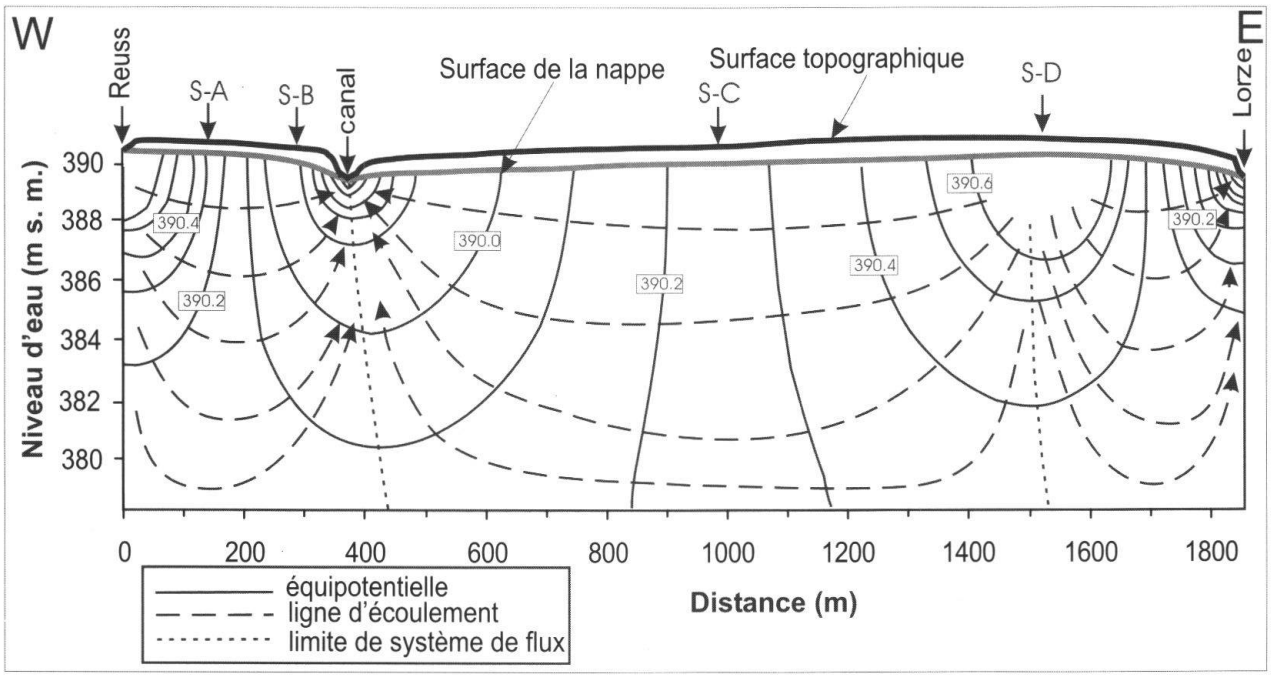


**Fig. 5:** Représentation simulée des écoulements en coupe verticale perpendiculaire à l'axe principal de l'aquifère. Situation de la coupe : voir figure 2.

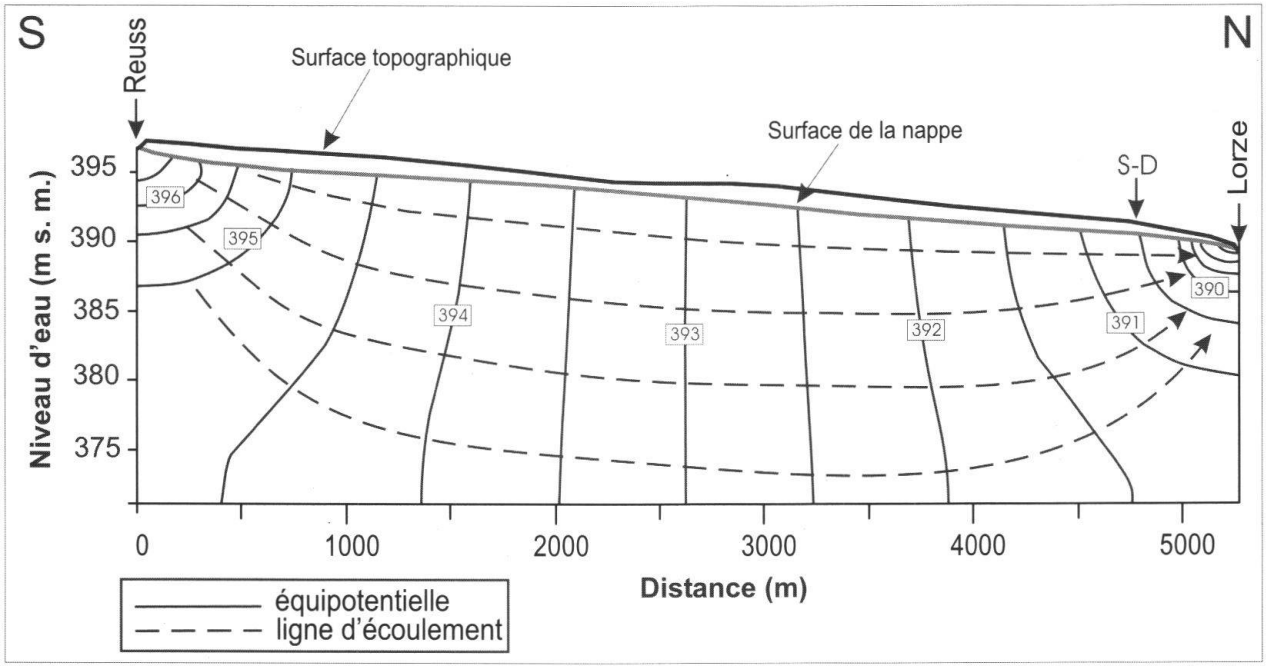


**Fig. 6:** Représentation simulée de l'écoulement en coupe verticale le long de l'axe principal de l'aquifère. Situation de la coupe : voir figure 2.

L'aquifère à Hünenberg est généralement alimenté par la Reuss au SW et est drainé par la Lorze au NE (figure 6 et figure 2). La limite de système de flux due au canal partage la nappe souterraine en deux zones d'influence :

A) La zone à l'ouest du canal est fortement influencée par les eaux de la Reuss s'infiltrant dans l'aquifère et par des eaux souterraines exfiltrant dans le canal. Par conséquent, les variations des niveaux

de l'eau souterraine dans les piézomètres S–A et S–B correspondent à ceux de la Reuss.

B) La zone à l'est du canal est alimentée au SW par la Reuss et est drainée à l'ouest par le canal et à l'est par la Lorze.

Les piézomètres S–C et S–D sont situés à proximité de la zone de drainage respectivement du canal et de la Lorze et sont éloignés de la zone d'infiltration de la Reuss située au SW. Le piézomètre S–D, en particulier, est fortement influencé par les variations du niveau de base de la Lorze. La longue distance entre la zone d'infiltration de la Reuss au S et les piézomètres S–C et S–D amortit l'effet des crues de la Reuss. A cause de cet effet tampon et de l'effet de drainage variable en cours d'année de la Lorze, les régimes de la nappe autour du S–D et du S–C sont différents de celui de la Reuss, par contre ils correspondent à celui de la Lorze. L'analyse de la carte hydrogéologique (figure 2) montre que les lignes isopiézomètriques se rapprochent de plus en plus vers la zone de Stadelmatt. Ceci est interprété comme une diminution de la perméabilité de l'aquifère dans cette zone par rapport à la partie plus en amont. Le dôme de la surface piézométrique au S–D a probablement son origine dans l'effet drainant de la Lorze et du canal, ainsi que dans des dépôts plus silteux et limoneux à cet endroit, ce qui resterait à confirmer sur le terrain.

## 5. Conclusion

L'analyse des courbes de fréquence relative des niveaux de l'eau souterraine et un simple modèle numérique à éléments finis montrent bien les deux différents régimes hydrologiques de l'aquifère ainsi que l'effet du canal de drainage, qui traverse l'aquifère du sud au nord. Ce canal crée une limite entre deux sous-systèmes d'écoulement : l'un à l'ouest du canal et l'autre à l'est. La partie de la nappe qui est située entre la Reuss et le canal, montre un régime hydrologique alpin similaire à celui de la Reuss, tandis que celle située entre le canal et la Lorze, a un régime hydrologique du Plateau comparable à celui de la Lorze.

En l'absence du canal de drainage, les variations de hauteur d'eau de la nappe souterraine seraient nettement plus importantes dans la région de Stadelmatt. Les courbes de fréquence relative des piézomètres S–C et S–D auraient une amplitude plus importante à cause des variations du niveau de la Reuss alors non tamponnées par le canal.

**Remerciements**

Pour la relecture du manuscrit ainsi que les conseils et suggestions, les auteurs remercient Fabien Cornaton du Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel et leurs collègues de l'OFEG Jean-Pierre Tripet, Hugo Aschwanden et Nirina-Daniel Ravalitera.

**Bibliographie**

Aschwanden, H. & Weingartner, R. 1986 : Die Abflussregime der Schweiz. Publ. Gewässerkunde Nr. 65, 1985. Geographisches Institut, Universität Bern.

Bois, P. 1980 : Hydrologie générale. ENS d'Hydraulique de Grenoble.

Buttet, P. & Eberhard, A. 1995 : Le réseau fédéral d'observation des eaux souterraines. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne-Ittigen.

Jäckli, H. 1982 : Grundwasseruntersuchungen Zugerisches Reusstal. Tiefbauamt Kanton Zug.

Jäckli, H. & Kempf, T. 1972 : Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100'000 Blatt Bözberg - Beromünster und Erläuterungen. Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich.

Kempf, T. 1986 : Die Grundwasservorkommen im Kanton Zürich. Beiträge zur Geologie der Schweiz - Geotechnische Serie. Lieferung 69. Schweizerische Geotechnische Kommission, Zürich.

Musy, A. & Laglaine, V. 1992 : Hydrologie générale. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

OFEG 2003 : Annuaire hydrologique de la Suisse. Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne-Ittigen.

Weingartner, R. & Aschwanden, H. 1992 : Abflussregimes als Grundlage zur Abschätzung von Mittelwerten des Abflusses. Tafel 5.2. Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES). Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern-Ittigen.