Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 96 (1973)

Artikel: Inversion temporaire du gradient hydraulique dans un karst et hétérogénéité de la perméabilité
Autor: Bertrand, Jacques / Mathey, Bernard / Mornod, Léon
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-89043

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: 14.12.2025

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

INVERSION TEMPORAIRE DU GRADIENT HYDRAULIQUE DANS UN KARST ET HÉTÉROGÉNÉITÉ DE LA PERMÉABILITÉ

par

JACQUES BERTRAND [1], BERNARD MATHEY [2] et LÉON MORNOD [1]

AVEC 4 FIGURES

Introduction

Dans son travail sur l'hydrogéologie du bassin de la source de l'Areuse, à la suite de l'étude détaillée de l'hydrogramme, J.-P. Tripet (1970) propose un schéma théorique pour le régime d'écoulement souterrain dans le karst. L'implantation de deux forages profonds au Val-de-Ruz dans le bassin de la Serrière, à 350 mètres de distance, pour des recherches hydrogéologiques (Mornod 1970), permet, à la suite d'observations des fluctuations de la surface piézométrique, de confirmer ce schéma théorique.

Situation géologique

Deux forages de recherches ont été implantés au pied de l'anticlinal des Planches (2e chaîne du Jura helvétique plissé) dans l'épaisse série des calcaires du Malm (400 à 500 m) occupés par un aquifère dont l'exutoire est formé par la source de la Serrière (fig. 1).

Forage S 1

— Situé à la cote 752 sur l'emplacement d'une source karstique temporaire, Le Torrent, qui fonctionne comme trop-plein du réseau karstique de la Serrière, il débute dans le Portlandien et atteint le Séquanien moyen à la cote 450.

Forage S 2

— Situé à 350 mètres au sud de S 1, après la traversée d'une dizaine de mètres de Quaternaire, il recoupe 200 mètres de calcaires et marnes du Crétacé avant d'atteindre les calcaires du Malm, qu'il traverse sur 170 mètres.

[1] Centre d'hydrologie souterraine, CH - 1630 Bulle.
[2] Centre d'hydrogéologie, Université, CH - 2000 Neuchâtel 7.

	S 1	S 2
Altitude de départ	751.97	727.77
Profondeur	300 m	372 m
Diamètre de perforation	115-76 mm	115-76 mm
Coordonnées	562.390/213.640	562.410/213.295

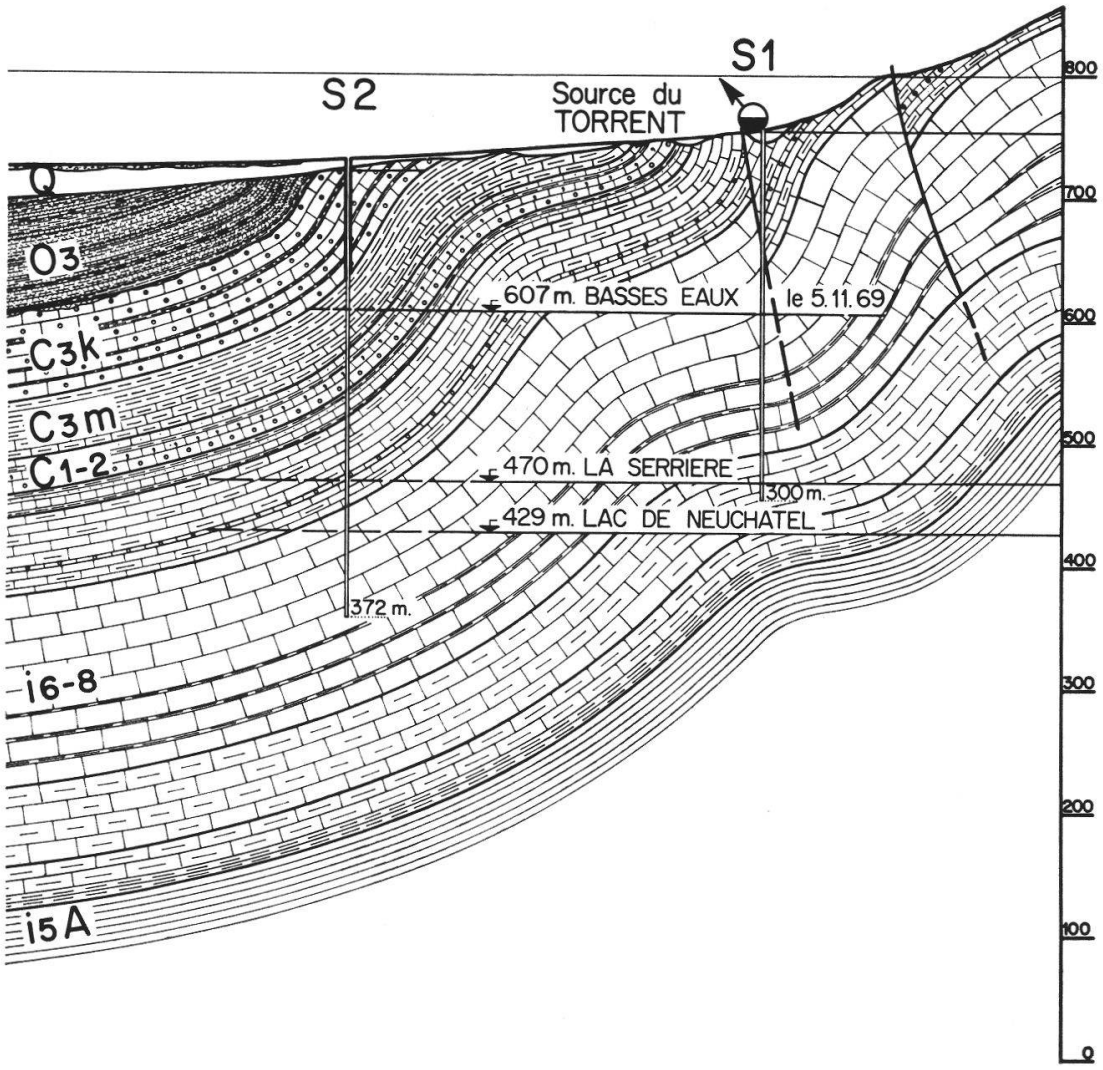

Fig. 1. Coupe géologique passant par les forages S1 et S2. (Q : quaternaire ; O_3 : molasse d'eau douce ; C_{3k} : Hauterivien calcaire ; C_{3m} : Hauterivien marneux ; C_{1-2} : Valanginien ; i_{6-8} : Malm ; i_{5A} : Argovien.)

Hydrogéologie

Les formations du Quaternaire, les calcaires de l'Hauterivien supérieur et les calcaires du Malm, constituent les trois formations aquifères de la région.

Des observations suivies ont montré que ces dernières, en particulier l'Hauterivien et le Quaternaire, peuvent être liés hydrauliquement suivant les conditions hydrologiques.

Toutefois, seule l'étude de l'aquifère du Malm est envisagée ici.

Les fluctuations du niveau de saturation du Malm à l'aplomb de la source du Torrent, compte tenu de l'artésianisme en période de crue, dépassent 180 mètres. En revanche, l'amplitude des battements de la nappe de l'Hauterivien supérieur dépasse rarement 10 mètres.

Perméabilité des calcaires du malm

Des essais d'injection, de type Lugeon (Mornod *op. cit.*) ont été effectués par passe de 5 mètres durant la perforation. La figure 2 représente la valeur des pertes d'eau avec la profondeur.

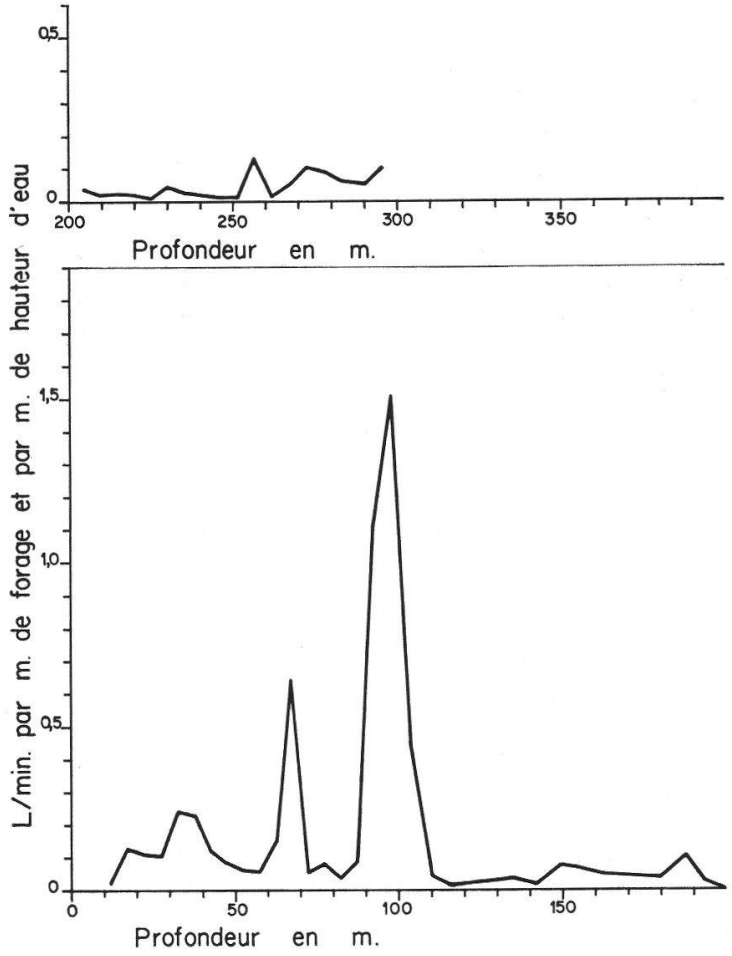

Fig. 2. Essais d'injection d'eau. Graphiques d'absorbtion.

Forage S 1

— La perméabilité des calcaires dans les zones peu fissurées est comprise entre 2 et $5 \cdot 10^{-7}$ m/s. Dans les zones très fissurées (—70 et —100 mètres) des essais de pompage par air lift ont montré qu'elle pouvait atteindre 10^{-2} m/s.

Forage S 2

— Malgré quelques valeurs de K supérieures à 10^{-6} m/s, la perméabilité du forage est assez homogène et comprise entre 2 et $4 \cdot 10^{-7}$ m/s. Ces valeurs sont comparables à celles obtenues dans la partie profonde de S 1.

La présence de deux zones très fissurées, en liaison avec les conduits karstiques de la source du Torrent (son débit peut dépasser 2 m³/s.), place le forage S 1 dans une situation très particulière. L'hétérogénéité de la perméabilité, mise ainsi en évidence, va permettre la comparaison des caractéristiques hydrodynamiques des calcaires dans les petites et grandes fissures.

Fluctuation des niveaux piézométriques

La figure 3 représente les fluctuations des niveaux de l'eau dans les forages S 1 et S 2. Dès mai 1970, le forage S 1 était obstrué accidentellement, et les observations ont malheureusement dû être interrompues.

— En période de crue, le niveau de l'eau souterraine dans S 1 s'élève rapidement au-dessus de S 2 (écart maximum observé : 44 mètres).

— En période de décrue, le niveau de S 1 descend rapidement au-dessous de S 2, la différence de niveau pouvant atteindre 50 mètres.

— En période de tarissement le niveau de l'eau souterraine dans S 2 est toujours supérieur à celui de S 1 (écart $\cong$ = 10 m).

Phénomène rarement observé pour des différences de niveau de cette importance, on constate une inversion périodique du gradient hydraulique entre les deux forages en fonction des conditions hydrologiques.

Ces observations s'intègrent parfaitement dans le schéma théorique décrit par J.-P. Tripet *(op. cit.)* :

« Les joints sont répartis en deux classes, les plus perméables, nommés joints de 2e ordre et les moins perméables, joints de 1er ordre. En période de crue, les joints de 2e ordre, alimentés directement par l'infiltration se mettent rapidement en charge et le gradient hydraulique est dirigé vers le système de 1er ordre. En période d'étiage les joints de 1er ordre se déchargent dans les joints de 2e ordre et le gradient est inversé. »

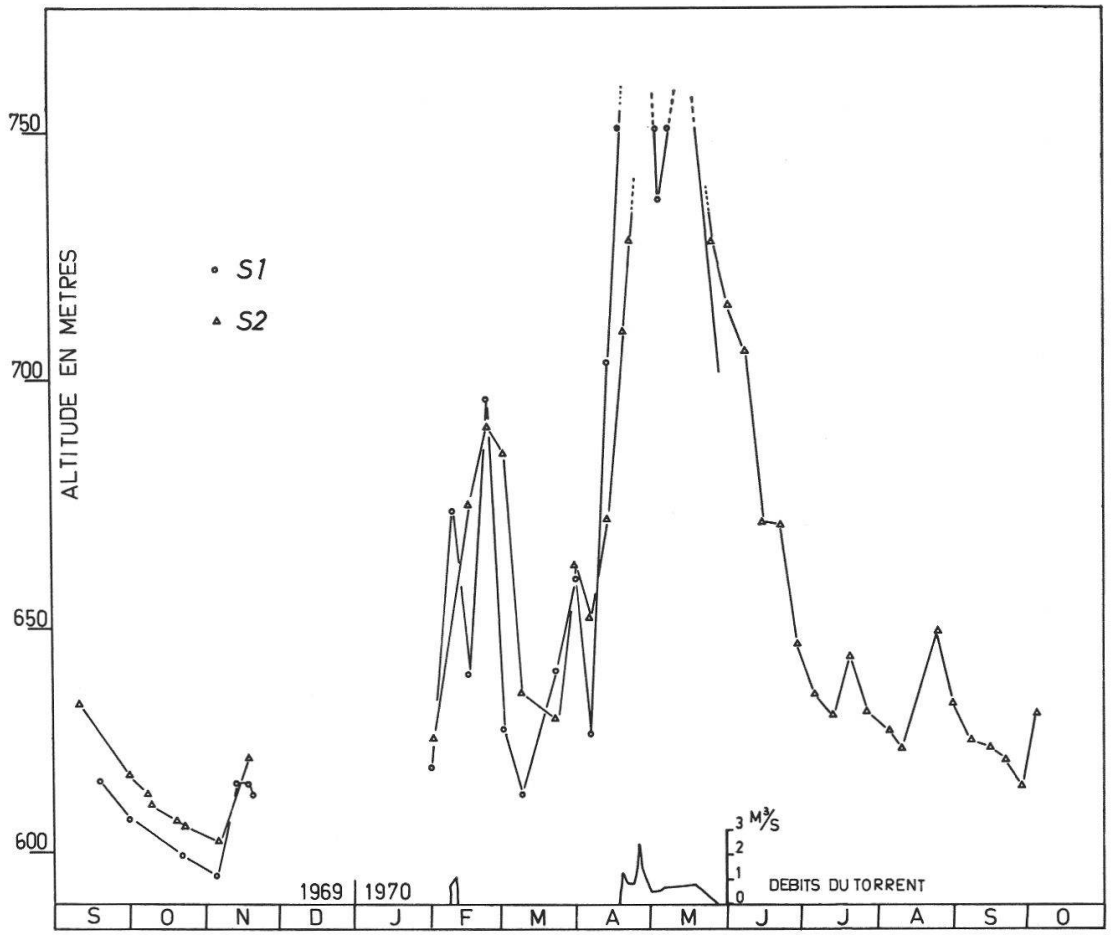

Fig. 3. Fluctuations du niveau de l'eau dans les forages S1 et S2.

Seule la situation exceptionnelle des deux forages placés très près l'un de l'autre et recoupant les deux types de joints, pouvait permettre d'observer ce phénomène.

La mesure discontinue des niveaux rend malheureusement délicate l'étude analytique du phénomène.

La figure 4 donne le niveau de l'eau dans S 2 en fonction du niveau dans S 1 durant la période d'observation (plusieurs crues).

Dans le quadrant supérieur, défini par la droite grad $\varphi = 0$, les points représentent des situations où le niveau de l'eau est plus élevé dans le forage S 2. Les joints de 1er ordre se vident dans ceux de 2^{e} ordre. Nous dirons que le gradient hydraulique est positif.

Le quadrant inférieur représente la situation inverse ; les gros conduits karstiques rechargent les joints de 1er ordre, le gradient est alors inversé. Cette situation est beaucoup plus rare, puisqu'elle a lieu en période de crue seulement, et au début de la décrue si la phase de recharge par les joints de 2e ordre a été de courte durée.

Pour les périodes intermédiaires, la dispersion des valeurs augmente, car leur répartition variera considérablement d'un événement hydrologique à l'autre, en raison de sa durée et de son intensité.

Enfin, en période de tarissement, on constate que le gradient tend à diminuer, c'est-à-dire que la charge des joints de 1er ordre tend à rejoindre celle des joints de 2e ordre, ce que confirme l'analyse des courbes de tarissement.

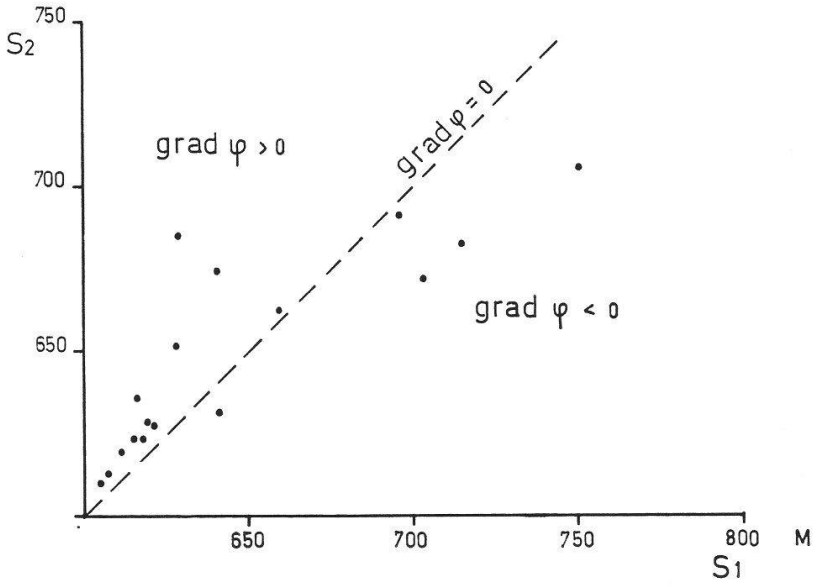

Fig. 4. Niveau de l'eau dans le forage S2 en fonction du niveau dans S1.

Température

Au cours de la crue d'avril à mai 1970, le niveau piézométrique s'élevait au-dessus du niveau du terrain, et l'eau jaillissait des forages. Des mesures thermométriques ont montré que si la température de l'eau de S 1 ne dépassait pas 7,6° C, celle de S 2 se stabilisait rapidement au voisinage de 13° C, soulignant encore l'effet de l'hétérogénéité des calcaires sur les vitesses de circulation de l'eau par juxtaposition de deux types de circulation dans la même formation

Conclusions

L'observation des niveaux de l'eau souterraine dans deux forages profonds, implantés dans les calcaires du Malm, permet d'apporter une confirmation locale de la juxtaposition dans un même aquifère karstique de deux types de circulation agissant l'un sur l'autre au gré des changements des conditions hydrologiques.

Résumé

Deux forages implantés à 350 mètres de distance dans les calcaires du Malm, l'un dans une zone très fissurée, l'autre dans une zone peu perméable, permettent d'observer l'inversion périodique du gradient hydraulique entre les deux forages. Ces observations confirment le schéma théorique de J.-P. Tripet (1970). En période de crue, la recharge des fissures les plus perméables (2e ordre) est très rapide, les fissures les moins perméables (1er ordre) étant rechargées par ces dernières. En étiage, les joints de 1er ordre se déchargent dans les joints de 2e ordre et le gradient est inversé.

BIBLIOGRAPHIE

Drogue, C. — (1971). De l'eau dans le calcaire. *Sciences, Progrès, Découvertes*, N° 3433 : 39-46.

Mathey, B. — (1972). Etude de la vitesse de circulation de l'eau dans un aquifère calcaire par essai de traçage (Bassin de la Serrière/NE). *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 13 : 173-180.

— (1971). Les Prés-Royer, Val-de-Ruz, NE. Etude hydrogéologique. Centre d'Hydrogéologie. *Rapport non publié*, 86 pp.

Mornod, L. — (1970). Rapport hydrogéologique sur une campagne de recherches par forages au Val-de-Ruz, dans le secteur des Prés-Royer. Centre d'hydrologie souterraine, Bulle. *Rapport non publié*, 97 pp.

Tripet, J.-P. — (1970). Etude hydrogéologique du bassin supérieur de la source de l'Areuse (Jura neuchâtelois). *Thèse, Centre d'hydrogéologie* (à paraître).