Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 65 (1976)

Heft: 3

Artikel: Résultats des recherches hydrogéologiques dans la région des Gastlosen orientales : Préalpes fribourgeoises et bernoises

Autor: Müller, Imre

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-308539

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: 14.07.2025

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

Résultats des recherches hydrogéologiques dans la région des Gastlosen orientales (Préalpes fribourgeoises et bernoises)

par IMRE MÜLLER,
Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel et
Institut de Géologie de l'Université de Fribourg

1. Introduction

Les recherches hydrogéologiques dans la région du Vanil Noir (Préalpes fribourgeoises), entreprises en 1973, avaient comme objectif l'étude la Cascade de Jaun, une des plus grandes sources karstiques du massif, mais il s'est révélé rapidement que la complexité stratigraphique et tectonique des Préalpes nécessitaient une étude comparative de toutes les sources importantes de la région. Au cours des prospections, durant les années 1974 à 1977, un grand nombre de sources a été recensé, mais vu l'étendue considérable du territoire étudié (environ 200 km^2) l'échantillonnage ne pouvait être que mensuel. Quelques résultats ont déjà été publiés (MÜLLER, 1975, 1976 a, b et c) concernant la région du Vanil Noir. Dans le secteur des Gastlosen orientales, plusieurs sources ont été régulièrement observées, d'autres par contre ne faisaient l'objet que d'échantillonnages occasionnels. L'inventaire de ces sources, présenté par le tableau ci-dessous, renseigne également sur les émergences karstiques de la région du Vanil Noir qui vont être mentionnées dans cette étude.

Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. *65 (3)*, 165–181 (1976)

INVENTAIRE DES SOURCES

Source Nr.	Coordonnées	Altitude	Formation
S. 9	159 225 589 495	1160 m	Flysch
S. 10	158 410 589 100	1205 m	Flysch
S. 28	160 775 589 700	1160 m	Complexe bréchique
S. 39	162 120 588 125	1015 m	Calcaires plaquetés
S. 41	160 600 589 925	1090 m	Calcaires massifs
S. 42	159 825 589 770	1110 m	Flysch
S. type 43	158 375 589 200	1200 m	Flysch
S. 61	161 600 589 580	1075 m	Couches rouges
S. 64	160 375 589 675	1240 m	Calcaires massifs
S. 65	160 100 589 525	1290 m	Calcaires massifs
Cascade de Jaun	162 025 587 620	1010 m	Complexe graveleux
Chaudanne	146 075 573 800	880 m	Complexe graveleux
Source des Planeys	157 350 581 400	1080 - 1100 m	Complexe graveleux
Pont du Roc	161 880 581 650	920 m	Calcaires en gros bancs

2. Méthodes de travail

Le réseau d'observation météorologique et hydrologique étant très modeste, composé d'un pluviomètre totalisateur et d'un limnigraphe, les investigations hydrogéologiques s'appuient avant tout sur des études hydro-géochimiques. Les mesures des paramètres physico-chimiques des eaux sont corrélées aux débits des sources, jaugés au moment de l'échantillonnage. Les jaugeages ont été effectués à l'aide du "Dipping bar acc. to Jens" (Hydro-Bios) ou plus récemment par jaugeage potentiométrique (MÜLLER, 1977). Le nombre des mesures étant insuffisant pour établir avec exactitude le régime des sources, les débits sont donnés dans les tableaux qui suivent comme: débit estimé (Q est.).

2.1. Paramètres mesurés

Les échantillons, transportés au laboratoire dans une valise thermostatisée entre 5 et 10° C, ont été analysés le plus rapidement possible. Les paramètres suivants ont été mesurés avec l'appareillage et selon les modes opératoires déjà exposés précédemment (MÜLLER, 1976 a):

- Dureté totale (exprimée en degrés français) : D. tot. (d.f.)
- Dureté passagère ou carbonatée (" ") : D. pas. (d.f.)
- Dureté permanente (" ") : D. per. (d.f.)
- Conductibilité électrique (k exprimée en milli-Siemens)
- La concentration des ions Calcium et Magnésium $[Ca^{++}]$; $[Mg^{++}]$

L'acquisition d'appareils portatifs et précis nous permet de mesurer le pH et rH sur le terrain (Ionanalyzer Orion type 407, précision ± 0,005 pH; électrode combinée Ingold Pt–405–85). Les ions Sodium et Potassium sont dosés par les mêmes appareils et à l'aide d'électrodes ioniques spécifiques (électrodes PNa et PK de Tacussel, électrodes de PNa et PK de Schott, Mainz, électrode de Sodium 117188 de Leeds & Northrup). L'utilisation de pH-mètre digital Orion 701 et l'emploi de la technique des ajouts dosés (MOODY & THOMAS, 1971) assurent une précision supérieure à 0,1 ppm.

L'oxygène dissous est mesuré sur le terrain avec l'appareil Oxi 56 de WTW. La précision est de 0,01 à 0,1 mg/1 selon la concentration mesurée.

2.2. Paramètres calculés

Pour caractériser le pouvoir agressif ou incrustant des eaux, les indices de saturation (I sat.) vis-à-vis des carbonates majeurs de la roche (Calcite, Aragonite, Dolomite) ont été calculés d'après MISEREZ (1971). Les indices de saturation sont définis par:

$$I \text{ sat./Calcite} = \frac{(Ca^{++})\ (CO_3^{--})}{K_{Calcite}} \times 100$$

$$I \text{ sat./Aragonite} = \frac{(Ca^{++})\ (CO_3^{--})}{K_{Aragonite}} \times 100$$

$$I \text{ sat./Dolomite} = \frac{(Ca^{++})\ (Mg^{++})\ (CO_3^{--})^2}{K_{Dolomite}} \times 100$$

L'indice de saturation d'un carbonate est donc le rapport du produit des activités des ions qui les composent au produit de solubilité (K) du minéral.

L'indice de saturation en oxygène dissous se définit comme suit:

$$I \text{ sat. Oxygène} = \frac{[O_2]\ \text{mesuré}}{[O_2]\ \text{t,p maximum}} \times 100$$

Tableau 1 : Moyennes arithmétiques et écart-types de quelques paramètres physico-chimiques des sources dans la région des Gastlosen orientales

Source	Régime $\bar{Q}$ est.	T (°C)	κ (mS)	D tot. (d.f.)	D pas. (d.f.)	D per. (d.f.)	pH
S. 41	50 l/sec ± 50 %	n=12 6,41 s=0,04	n=12 0,2873 s=0,011	n=12 16,42 s=0,64	n=12 11,8 s=0,41	n=12 4,61 s=0,63	n=12 7,89 s=0,05
S. 42	5 l/sec ± 80 %	n=12 6,53 s=0,1	n=12 0,2829 s=0,005	n=12 16,37 s=0,26	n=12 15,01 s=0,31	n=12 1,36 s=0,15	n=12 7,69 s=0,03
S. 9	25 l/sec ± 50 %	n=12 7,18 s=0,12	n=12 0,3571 s=0,002	n=12 20,97 s=0,2	n=12 20,48 s=0,17	n=12 0,49 s=0,19	n=12 7,48 s=0,002
S. 10	40 l/sec ± 50 %	n=12 6,45 s=0,06	n=12 0,3227 s=0,005	n=12 18,92 s=0,31	n=12 18,77 s=0,32	n=12 0,16 s=0,13	n=12 7,58 s=0,05
S. 28	3 l/sec ± 50 %	n=4 6,5 s=0,15	n=4 0,3846 s=0,016	n=3 22,25 s=0,83	n=3 11,77 s=0,55	n=3 10,48 s=1,35	n=4 7,7 s=0,08
S. 64	temporaire max.40 l/s	n=1 5,4	0,1945	11,04	10,5	0,54	7,98
S. 65	temporaire max.10 l/s	n=1 5,8	0,2160	12,4	11,6	0,8	7,7
S. 43	0,5 l/sec ± 40 %	n=12 5,69 s=0,24	n=12 0,3675 s=0,0079	n=12 21,43 s=0,32	n=12 20,46 s=0,23	n=12 0,97 s=0,14	n=12 7,63 s=0,03

Source	Ca^{++} mg/l	Mg^{++} mg/l	I sat. Calcite x 100	I sat. Aragon. x 100	I. sat. Dolomite x 100	$\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}} \times 100$	Na^{+} mg/l	K^{+} mg/l	O_2 mg/l	I sat. Oxygène x 100	V % TAC
S. 41	*n=12* 58,93 *s=2,12*	*n=12* 4,16 *s=0,57*	*n=12* 167 *s=24*	*n=12* 102 *s=15*	*n=12* 20 *s=5*	*n=12* 7,06 *s=0,94*	*n=6* 0,58 *s=0,15*	*n=6* 0,53 *s=0,11*	*n=6* 7,9 *s=0,8*	*n=6* 76 *s=8,5*	3,48
S. 42	*n=12* 59,75 *s=0,85*	*n=12* 3,56 *s=0,44*	*n=12* 132 *s=11*	*n=12* 80 *s=7*	*n=12* 10 *s=2*	*n=12* 5,96 *s=0,76*	*n=6* 1,18 *s=0,04*	*n=6* 1,0 *s=0,14*	*n=6* 8,73 *s=0,5*	*n=6* 83 *s=2,2*	2,07
S. 9	*n=12* 74,43 *s=0,74*	*n=12* 5,83 *s=0,23*	*n=12* 130 *s=7*	*n=12* 73 *s=21*	*n=12* 13 *s=2*	*n=12* 7,83 *s=0,33*	*n=6* 1,95 *s=0,2*	*n=6* 1,55 *s=0,15*	*n=6* 8,9 *s=0,7*	*n=6* 87 *s=4,2*	0,83
S. 10	*n=12* 65,82 *s=1,2*	*n=11* 5,75 *s=0,34*	*n=12* 134 *s=17*	*n=12* 81 *s=10*	*n=12* 16 *s=5*	*n=11* 8,71 *s=0,58*	*n=6* 1,57 *s=0,15*	*n=6* 1,4 *s=0,28*	*n=6* 9,55 *s=0,8*	*n=6* 93 *s=4,7*	1,7
S. 28	*n=3* 73,3 *s=2,5*	*n=3* 9,5 *s=0,06*	*n=3* 131 *s=29*	*n=3* 80 *s=18*	*n=3* 22 *s=10*	*n=3* 12,97 *s=0,47*	*n=3* 0,66 *s=0,2*	*n=3* 0,7 *s=0,1*	*n=3* 8,8 *s=0,2*	*n=3* 86 *s=2,6*	4,67
S. 64	42,48	1,07	134	82	4	2,5	---	---	---	---	
S. 65	48,5	0,73	87	53	1	1,5	0,8	---	---	---	
S. 43	*n=13* 72,63 *s=1,23*	*n=13* 8,05 *s=0,56*	*n=13* 173 *s=23,5*	*n=13* 106 *s=14,4*	*n=13* 33 *s=9,8*	*n=12* 11,1 *s=0,85*	*n=6* 2,57 *s=0,35*	*n=6* 1,5 *s=0,57*	*n=6* 9,75 *s=0,3*	*n=6* 91 *s=2,2*	1,12

Suite Tableau 1

L'indice exprime le rapport de la concentration mesurée par rapport à la concentration maxima possible à une température (t) et à une pression (p) données.

Le coefficient de variation (V) a été calculé pour le titre alcalimétrique complet (TAC):

$$V\ \% = \frac{S}{\overline{X}} \times 100 \text{ c.à.d. écart-type/moyenne arithmétique} \times 100$$

D'après les travaux de SHUSTER et WHITE (1971), ce coefficient renseigne sur les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère karstique.

Les résultats des mesures et calculs sont présentés sous forme de moyennes arithmétiques, avec l'indication du nombre des mesures (n) et de l'écart-type (s) par les tableaux 1, 2 et 3.

3. Cadre géographique, stratigraphique et tectonique

La chaîne des Gastlosen, haute de 2000 m, forme une muraille dentelée qui s'allonge en direction NE–SW sur une dizaine de km, à la frontière des cantons de Fribourg, Berne et Vaud. Seul la partie Nord-Est de la chaîne a fait l'objet d'étude hydrogéologique.

Les Gastlosen font partie de la nappe des Préalpes médianes et sont étroitement encadrées par les formations des nappes supérieures, les flyschs. Pour résumer la stratigraphie et la tectonique de cette région, nous nous basons sur les travaux de CAMPANA (1943), CHENEVART (1945), KLAUS (1953), PAGE (1968/69) et CARON (1972). Une carte géologique simplifiée d'après KLAUS (1953) et PAGE (1968/69), présentée par la figure 1, permet de localiser les sources étudiées par rapport aux formations géologiques qui se succèdent de bas en haut comme suit:

Nappe des Préalpes médianes:

- Gypse
- Cornieule
- Complexe bréchique (bancs dolomitiques, brèches dolomitiques, calcaires)
- Couches à Mytilus (schistes coquilliers, calcaires marneux, calcaires à microorganismes)
- Calcaires massifs (calcaires spathiques, oolithiques et coralliens)
- Couches rouges (schistes marneux, calcaires argileux plaquetés).

Les différentes formations des nappes supérieures, les flyschs, sont fort complexes dans cette région. Avant d'avoir de plus amples renseignements hydrogéologiques sur ces formations, nous les abordons sous leur forme indifférenciée (Flysch s.l.) pour désigner des séries argilo-gréseuses, gréso-conglomératiques, gréso-calcaires et schisto-gréseuses.

Tableau 2 : Les caractéristiques de quelques paramètres physico-chimiques (moyenne arithmétique et écart-type) de l'émergence de Chappelboden (S. 39)

Source	Régime $\overline{Q}$ est.	T (°C)	κ (mS)	D tot. (d.f.)	D pas. (d.f.)	D per. (d.f.)	pH
S. 39	100 l/s min.40 l/s max.500 l/s	*n=12* 6,69 *s=0,47*	*n=12* 0,3807 *s=0,101*	*n=12* 22,17 *s=6,05*	*n=12* 13,59 *s=1,18*	*n=12* 8,58 *s=5,29*	*n=12* 7,71 *s=0,08*

Source	Ca^{++} mg/l	Mg^{++} mg/l	$\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}} \times 100$	O_2 mg/l	I sat. Oxygène x 100
S. 39	*n=12* 75,01 *s=18,45*	*n=12* 6,69 *s=3,65*	*n=12* 8,03 *s=3,2*	*n=7* 9,05 *s=0,7*	*n=6* 86 *s=7,5*

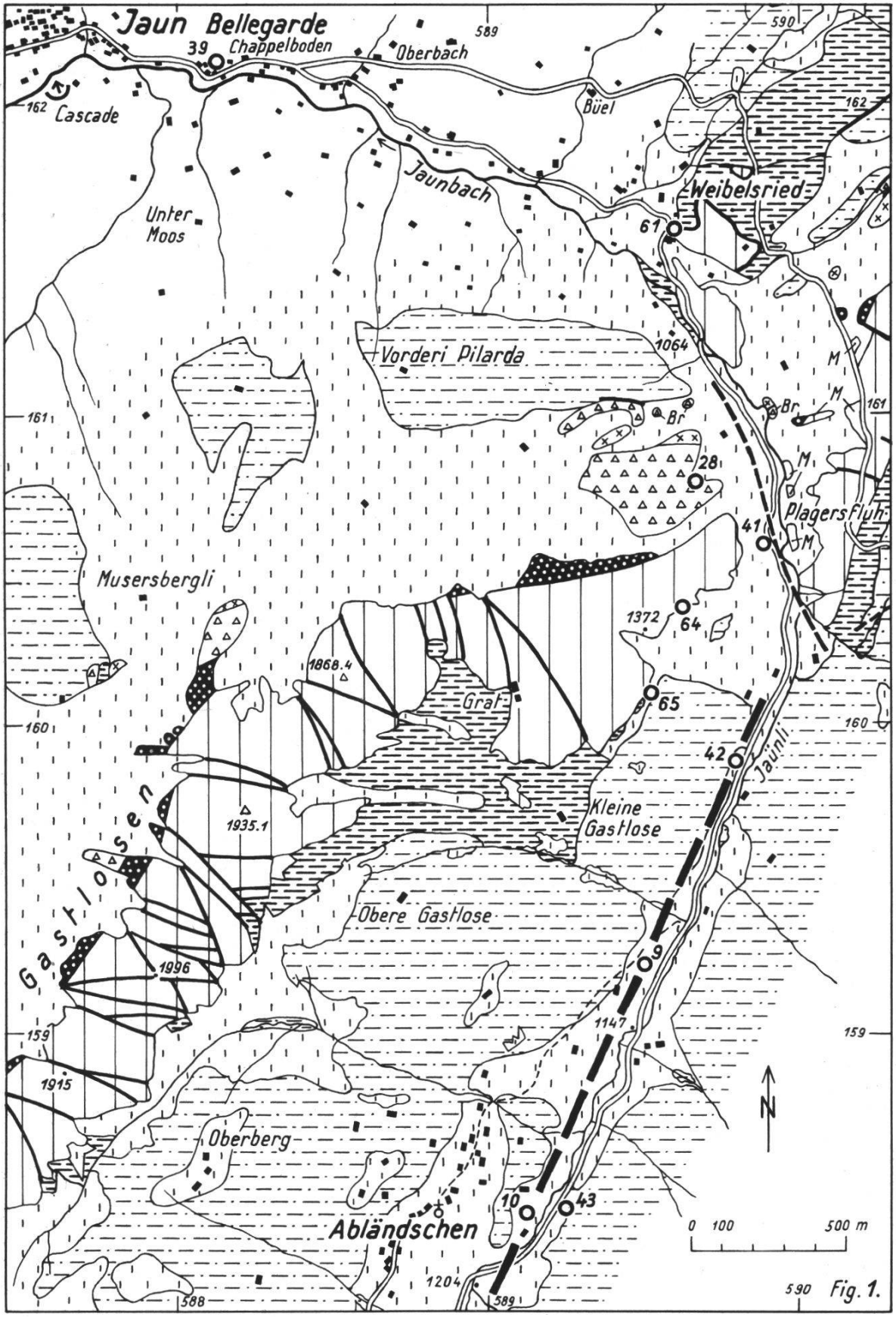

Fig. 1 : Carte géologique simplifiée d'après KLAUS (1953) et PAGE (1968/69) de la région des Gastlosen orientales.

Sur le plan tectonique, les Gastlosen sont généralement attribuées à la zone des Préalpes médianes rigides (CAMPANA, 1943). Hachés de diaclases et de failles, les calcaires des Gastlosen forment dans le secteur qui nous intéresse, une grande écaille chevauchante avec pendage subvertical vers le SE.

4. Les caractéristiques hydrogéologiques des formations géologiques

Les propriétés hydrogéologiques des différentes formations sont déduites, indirectement, à partir de la variabilité des paramètres physico-chimiques des sources (tableau 1 et figure 2).

Les formations sont traitées dans l'ordre de leur importance hydrogéologique: Calcaires massifs, Complexe bréchique, Couches à Mytilus, Couches rouges. Les formations des nappes supérieures feront l'objet d'une étude à part.

4.1. Les Calcaires massifs

A l'endroit où le Jäunli traverse les Calcaires massifs des Gastlosen sourde une source très importante (S. 41) qui est sans doute l'exutoire principal de cette formation dont les eaux sont captées depuis 1976 par la commune de Jaun. Le débit (50 l/sec), la température et le chimisme de l'eau sont très stables (voir fig. 2), et ne sont pratiquement pas influencés par des périodes pluvieuses. Cette stabilité contraste singulièrement avec la grande variabilité de ces mêmes paramètres des émergences karstiques de la région des Préalpes médianes plastiques: Vanil Noir, Les Dents Vertes, Kaiseregg (MÜLLER, 1976a, 1976c).

La source 41 est comparée (fig. 2) à l'émergence de Chappelboden (S. 39, tabl. 2 et 3) parce que cette dernière, drainant un synclinal calcaire des Préalpes médianes plastiques (Kaiseregg), a été étudiée pendant la même période et avec la même fréquence d'échantillonnage que la source 41 des Gastlosen. L'échantillonnage avait débuté selon la méthode emboîtée (KIRALY, 1974) et se poursuivait mensuellement. Les diagrammes montrent que la longue période pluvieuse de septembre–octobre 1974 ou bien le dégel en avril 1975 n'ont que très peu influencé la S. 41 en comparaison de l'émergence de Chappelboden dont les véritables fluctuations sont pourtant insuffisamment mises en valeur par l'échantillonnage mensuel. Le réservoir calcaire des Gastlosen a un comportement hydrodynamique très différent de celui des calcaires qui drainent les synclinaux des Préalpes médianes plastiques. C'est sans doute dans les dispositions tectoniques qu'il faut chercher les explications. Tandis que la tectonique plus souple des Préalpes médianes plastiques permet la formation de synclinaux étroits dont la descente axiale souvent prononcée impose aux eaux un gradient hydraulique plus élevé, le style plus cassant des Préalpes médianes rigides, en favorisant la naissance des grandes écailles emprisonnées dans les flyschs, permet l'établisse-

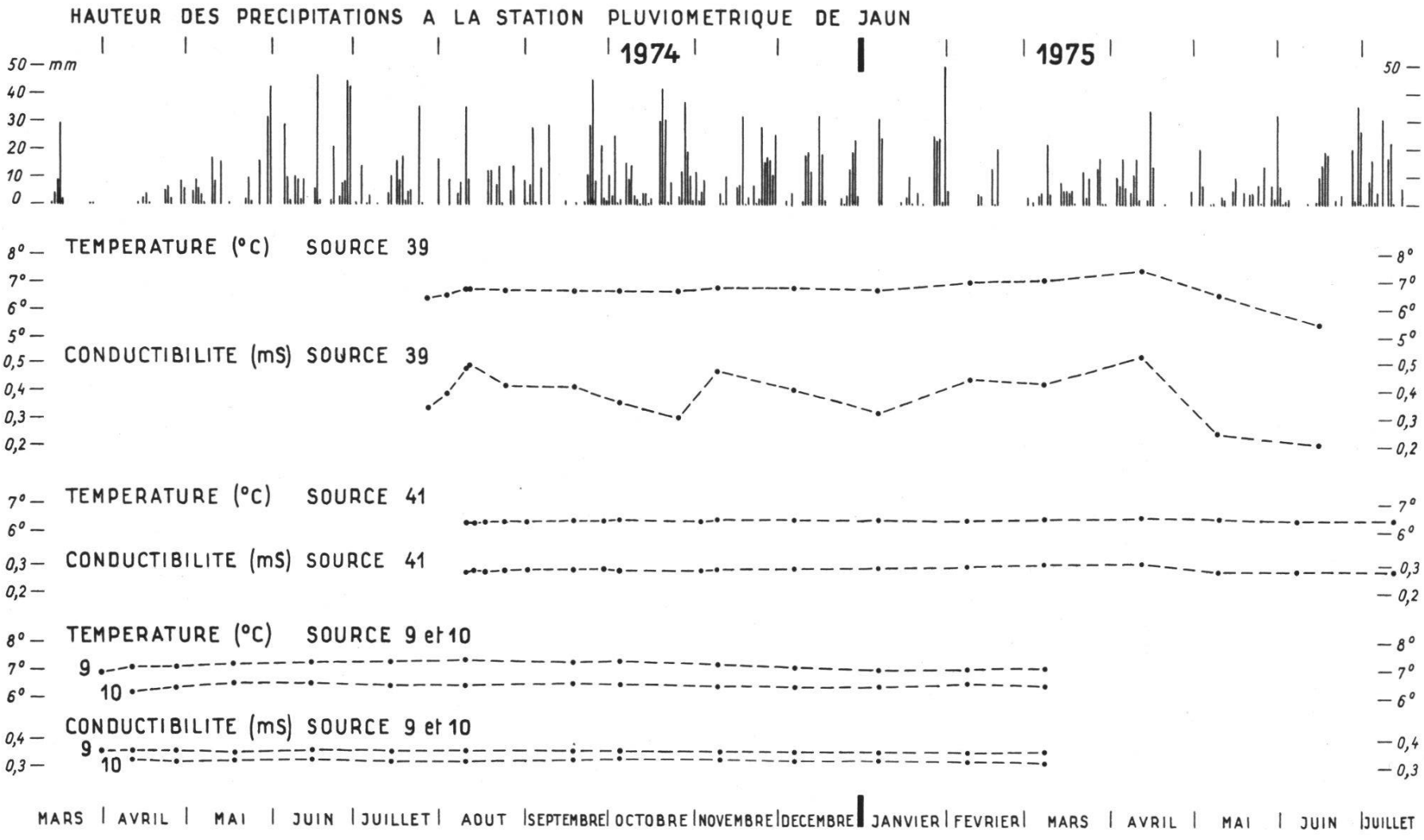

Fig. 2: La variabilité de quelques paramètres physico-chimiques des sources 39, 41, 9 et 10 en fonction de la pluviosité.

ment de "nappes karstiques" dont le gradient est faible. Dans ces réservoirs calcaires, très étirés en longueur, le temps de séjour des eaux est probablement long, ce qui concorderait avec l'état déficitaire des eaux en oxygène dissous.

La distinction entre les deux zones tectoniques, les Préalpes médianes plastiques et les Préalpes médianes rigides, semble se confirmer également sur le plan hydrogéologique et se traduit essentiellement par la différence du comportement hydrodynamique des deux réservoirs calcaires respectifs.

Après de fortes pluies, quelques sources temporaires apparaissent également dans les Calcaires massifs, telles les sources 64 et 65, qui sourdent au contact du niveau imperméable. Peu minéralisées et froides, ces eaux représentent très vraisemblablement le trop-plein de la nappe.

En remontant dans la vallée d'Abländschen, on découvre par contre trois sources importantes (S. 42, 9, 10) dont les débits élevés semblent être en contradiction avec la nature hydrogéologique des formations de flyschs où elles prennent naissance. En effet, les sources des flyschs sont de petites venues d'eaux dont les caractéristiques principales ont déjà été publiées (S. 43) et qui, à titre de comparaison, sont de nouveau rappelées sur le tableau 1. L'analyse chimique des cours d'eau, telle la Jogne à Abländschen, souligne encore mieux le faciès hydrochimique global des flyschs (MÜLLER, 1976 a). Le ruisseau présente un rapport Mg^{++}/Ca^{++} de 14,9 % (l'échantillonnage mensuel: n=12, s=0,9). La teneur en sodium et potassium dépasse 1,5 ppm même pendant les crues prolongées, dues aux fontes des neiges. Les sources 42, 9 et 10 n'ont donc pas ce faciès hydrochimique des flyschs. Elles semblent, toujours du point de vue hydrochimique, constituer une matrice géochimique qui est un intermédiaire entre les caractéristiques des eaux des calcaires massifs et celles des flyschs. L'examen du tableau 1 et figure 2 suggère les commentaires suivants, si on étudie l'évolution des paramètres des sources 41, 42, 9, 10 en progressant du Nord vers le Sud:

- La minéralisation due aux gypses diminue progressivement (duretés permanentes). Or le sulfate est une "pollution" dans les Calcaires massifs et doit être déduit pour reconstituer son faciès géochimique primitif.
- La dureté passagère (carbonatée) des sources 42, 9 et 10 prend des valeurs intermédiaires entre ces mêmes paramètres respectifs des sources 41 et 43.
- Après avoir décompté l'influence du gypse (considéré comme contamination des Calcaires massifs), la dureté totale et la conductibilité électrique prennent également des valeurs intermédiaires entre les caractéristiques géochimiques des eaux des Calcaires massifs et ceux des flyschs.
- Si l'on considère les carbonates, les indices de saturation des sources 42, 9 et 10 semblent être bien groupés. Les eaux qui ont le plus long parcours souterrain et qui sourdent le plus bas (S. 41), ou bien celles qui séjournent dans un réservoir à perméabilité interstitielle (S. 43) ont des indices de saturation supérieurs.

– Le rapport Mg^{++}/Ca^{++}, un peu trop élevé dans les eaux de la source 41 pour qu'on ne devine pas l'influence du Complexe bréchique (S. 28), n'atteint pas dans les sources 42, 9 et 10 les valeurs caractéristiques des eaux des flyschs, à savoir 11 à 14 %.
– Malgré l'insuffisance du nombre de mesures pour en tirer des conclusions définitives, les concentrations de sodium et de potassium augmentent également par rapport à la source 41, mais à une exception près (K^+ S. 9) n'atteignent pas les valeurs qui caractérisent les eaux des flyschs.
– Selon les hypothèses qu'on peut formuler sur les mécanismes de vidange et de réalimentation de l'aquifère calcaire des Gastlosen, on peut supposer qu'à l'exutoire principal (S. 41) le déficit en oxygène dissous est plus important qu'aux exutoires secondaires, qui sont situés plus haut en altitude et sont alimentés par des eaux qui ont cheminé moins longtemps dans la roche. C'est bien le cas pour les sources 42, 9 et 10.

Les eaux des sources 42, 9 et 10 apparaissent ainsi comme des intermédiaires entre les faciès hydrochimiques des eaux provenant des Calcaires massifs et celles des formations de flyschs.

Il est important de remarquer que les sources 42, 9 et 10 sont bien alignées dans la topographie. Toutes ces considérations nous incitent à supposer l'existence d'une zone de dislocation qui permet aux eaux des Calcaires massifs de remonter à la surface en traversant les formations des nappes supérieures, les flyschs. Cette zone de dislocation hypothétique, représentée par la figure 3, est rapportée sur la carte de la figure 1. Elle pourrait être sans doute prolongée jusqu'à la source 41. La direction de cet accident hypothétique NNE–SSW est conforme à la direction de dislocation mise en évidence par PLANCHEREL (1976) entre Jaun et le Lac Noir.

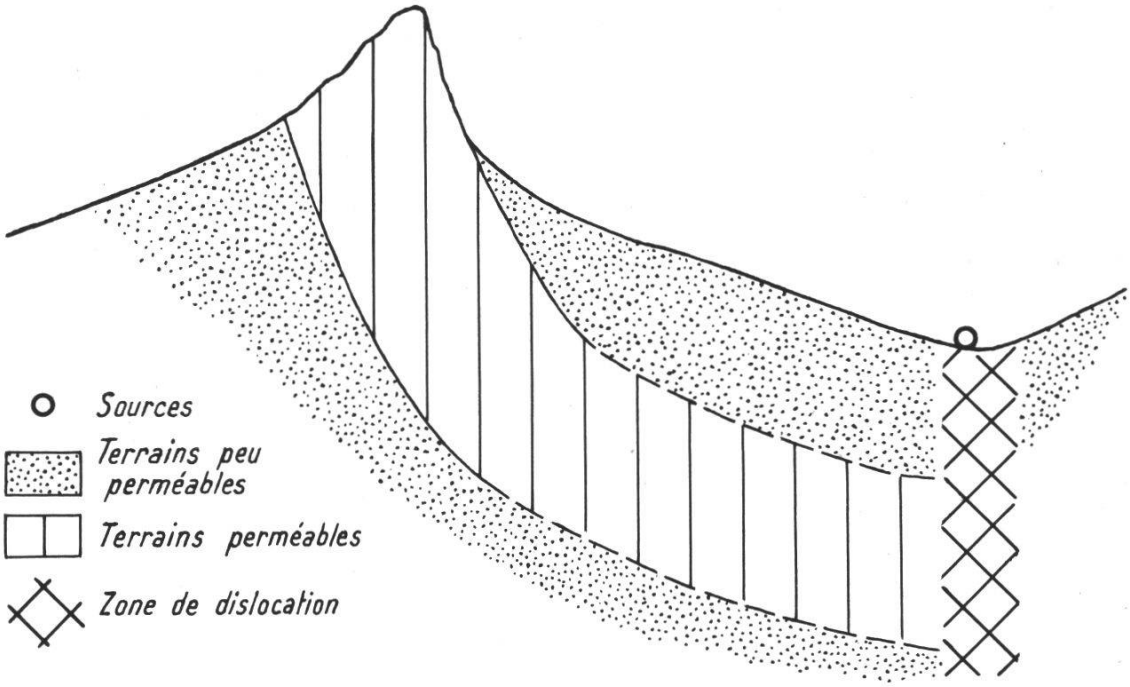

Fig. 3: Schéma hydrogéologique possible de la région des Gastlosen orientales.

4.2. Complexe bréchique

Un aquifère beaucoup moins important que celui des Calcaires massifs dont il est d'ailleurs mal séparé par les Couches à Mytilus, se développe dans le Complexe bréchique. Son exutoire, la source 28, n'a malheureusement pas été visitée assez régulièrement pour que les analyses soient statistiquement significatives. Seules les tendances ont été retenues. Les eaux sont gypseuses et magnésiennes. Le débit semble être stable.

4.3. Les Couches à Mytilus

Aucune source n'a pu être rattachée à cette formation que l'on peut considérer comme imperméable, mais sans doute assez peu étanche à cause des nombreuses failles et diaclases qui la désagrègent. C'est la raison pour laquelle on retrouve le gypse et le magnésium des formations inférieures dans l'aquifère des Calcaires massifs.

4.4. Les Couches rouges

Ces calcschistes planctoniques qui sont parfois excessivement réduits (KLAUS, 1953) n'ont probablement aucune signification hydrogéologique dans cette région. La seule source qui y avait été trouvée (S. 61) contient tellement de gypse qu'il n'est pas raisonnable de l'attribuer à cette formation.

4.5. Les Flyschs

Les formations des nappes supérieures, fort complexes du point de vue stratigraphique, jouent le rôle de l'imperméable par rapport aux réservoirs calcaires. Il existe cependant dans ces masses schisto-gréseuses beaucoup de petites sources, dont l'étude détaillée n'est pas abordée ici. Elle fera l'objet d'un travail ultérieur.

5. Les indices de saturation des carbonates

L'intérêt d'introduire les indices de saturation pour les carbonates réside dans le fait qu'ils permettent de réduire en une seule variable les paramètres non indépendants: pH, T, $[Me^{++}]$, $[CO_3^{--}]$, et $[CO_3H^-]$ (MISEREZ, 1971). Ces indices sont calculés systématiquement pour toutes les sources analysées des Préalpes. A titre de comparaison, et pour compléter les données sur les Préalpes médianes rigides des Gastlosen, le tableau 3 donne les indices de saturation de quelques grandes sources karstiques de la région des Préalpes médianes plastiques. Toutes les sources permanentes sont sursaturées en calcite. Elles parviennent à peine à réaliser leur équilibre en aragonite et elles sont toutes sous-saturées en dolomite.

A l'exception des grandes émergences de la région du Vanil Noir où l'échantillonnage était hebdomadaire, la fréquence des mesures dans les sources ne semble pas être suffisante pour nous permettre de comprendre et interpréter les phénomènes de l'érosion karstique à tous les niveaux des Préalpes. Il est cependant indéniable que la tendance générale des émergences du karst préalpin est à la sursaturation en calcite. Les travaux de MISEREZ (1971, 1973) sur le karst jurassien mettent, par contre, en évidence l'état sous-saturé des grandes émergences, notamment celui de l'Areuse, en calcite. Ces différences importantes dans l'hydro-géochimie des eaux de ces deux régions laissent entrevoir le rôle que l'on devrait attribuer aux différences des conditions climatiques, à l'altitude, à la densité et au type de végétation (marécages, forêts), très différentes entre ces deux karsts. Il nous semble donc nécessaire de poursuivre des études comparatives, dans différents types de karst et dans différentes régions, pour arriver à une meilleure compréhension des phénomènes hydro-géochimiques et hydrogéologiques du karst en général.

Tableau 3 :
Les indices de saturation des carbonates et le coefficient de variation du titre alcalimétrique complet (TAC) des émergences karstiques dans la région du Vanil Noir

Sources karstiques	I sat. Calcite x 100	I sat. Aragonite x 100	I sat. Dolomite x 100	V % TAC
Chappelboden S.39	*n=12* 159 *s=34,2*	*n=12* 97 *s=21*	*n=12* 23 *s=16*	*n=12* 8,68
Cascade de Jaun	*n=57* 164 *s=30*	*n=57* 100 *s=19*	*n=57* 22 *s=13*	*n=57* 7,92
Chaudanne	*n=39* 117 *s=18*	*n=39* 72 *s=11*	*n=39* 10 *s=3*	*n=39* 11,31
Sources des Planeys	*n=23* 148 *s=51*	*n=23* 91 *s=31*	*n=23* 19 *s=16*	*n=23* 13,25
Pont du Roc	*n=8* 111 *s=28*	*n=8* 68 *s=17*	*n=8* 4 *s=2*	*n=8* 20,1

6. Conclusions

Dans la région des Gastlosen orientales, les deux formations qui contiennent des eaux souterraines en abondance sont les Calcaires massifs et le Complexe bréchique. Les Couches à Mytilus et surtout les formations des nappes supérieures, les Flyschs, jouent le rôle de l'imperméable.

La remarquable stabilité des paramètres physico-chimiques et hydrodynamiques des eaux à l'exutoire principal (S. 41) de la chaîne ne semble pas pouvoir être explicable autrement que par la position tectonique des formations aquifères. Celles-ci constituées par une immense écaille calcaire, très étendue en longueur, mais de faible puissance, se trouvent redressées presqu'à la verticale dans les terrains imperméables. Ces conditions tectoniques favorisent l'établissement d'un aquifère dont les réactions, contrairement aux conditions d'écoulement qui se développent dans les synclinaux calcaires à forte descente axiale, sont avant tout caractérisées par de l'inertie. En opposition avec toutes les sources karstiques de la région prospectée, l'exutoire de la nappe des Gastlosen est la seule émergence où le coefficient de variation (V) de la dureté passagère (TAC) des eaux est inférieure à 5 % ("Diffuse flow system" de SHUSTER & WHITE, 1971).

A partir d'une étude globale hydro-chimique de la région, il est possible d'utiliser la présence ou l'absence de certains ions, ou leur rapport réciproque, pour le traçage naturel des eaux. La concordance et la cohérence dans le comportement des tracéurs permet de supposer que la nappe semi-captive des Calcaires massifs remonte à la surface en plusieurs endroits, grâce à l'existence d'une zone de dislocation NNE dans la vallée d'Abländschen. Avec l'apport de tous ces exutoires secondaires, le débit moyen est d'environ 6000 1/min.

Toutes les grandes sources des Préalpes médianes qui ont été analysées sont sursaturées en calcite (indice de saturation supérieur à 100). Ce fait souligne la différence importante avec le karst jurassien (MISEREZ, 1971, 1973), où les émergences, tel l'Areuse, sont sous-saturées.

Remerciements

J'exprime ma reconnaissance à M. R. Plancherel (Institut de Géologie de l'Université de Fribourg) pour ses critiques, ses conseils et son encouragement sur le terrain.

Résumé

L'hydrogéologie des Gastlosen orientales est étudiée par la variabilité des paramètres physico-chimiques des eaux. La stabilité des caractéristiques hydrodynamiques et géochimiques de l'aquifère, découverte dans la formation des Calcaires massifs, est due aux conditions tectoniques. L'utilisation des traceurs naturels permet de supposer l'existence d'une zone de dislocation NNE dans la vallée d'Abländschen. Les sources karstiques des Préalpes médianes sont sursaturées en calcite.

Summary

The hydrogeology of the eastern part of the Gastlosen mountains has been studied by means of the variability of the physico-chemical water parameters. Regional structural controls explain the stability of the hydrodynamic and geochemical characteristics of the ground water which has been discovered in the "Calcaires massifs" formation. Use of natural tracers suggests the presence of a fracture zone trending NNE in the Abländschen valley. The karst springs located in the "Préalpes médianes", structural unit, are supersaturated in calcite.

Zusammenfassung

Die Hydrogeologie des östlichen Teiles der Gastlosen wurde aufgrund der Variabilität der physikochemischen Eigenschaften des Quellwassers untersucht.

Die Stabilität der hydrodynamischen und geochemischen Eigenschaften des Grundwassers der "Calcaires massifs"-Formation ist auf tektonische Verhältnisse zurückzuführen.

Gemäß der Beobachtung natürlicher Marker ist eine NNE streichende Störungszone im Abländschen-Tal anzunehmen. Die Karstquellen der Préalpes médianes führen ein Calcitübersättigtes Wasser.

Bibliographie

CAMPANA, B.: Géologie des nappes préalpines au NE de Château-d'Oex. Mat. Carte géol. Suisse (n.s) *82*, 1–65 (1943).

CARON, C.: La Nappe Supérieure des Préalpes: subdivisions et principaux caractères du sommet de l'édifice préalpin. Eclogae geol. Helv. *65*, 57–73 (1972).

CHENEVART, C.: Les nappes des Préalpes médianes et de la Simme dans la région de la Hochmatt (Préalpes fribourgeoises). Mém. Soc. Frib. Sc. Nat. *12*, 1–213 (1945).

KIRALY, L.: Dispositif d'observation. Problèmes d'échantillonnage en hydrologie et en hydrogéologie. Univ. Neuchâtel. Centre d'Hydrogéol. Note interne 1974.

KLAUS, J.: Les Couches rouges et le Flysch au SE des Gastlosen (Préalpes romandes). Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. *42*, 1–128 (1953).

MISEREZ, J. J. : Premier bilan des indices de saturation en carbonates dans le bassin supérieur de l'Areuse (NE). Actes 4e Congrès nat. spél., Neuchâtel *1970*, 104–120 (1971).

––– Géochimie des eaux du karst jurassien. Thèse Univ. Neuchâtel *1973*.

MOODY, G. J., & THOMAS, J. D. R.: Selective ion sensitive electrodes. Merrow: Watford/ Herts. (England) 1971.

MÜLLER, I.: Premiers résultats des études hydrogéologiques dans la région du Vanil Noir (Préalpes fribourgeoises). Actes 5e Congr. nat. spél., Interlaken *1974*, 138–144 (1975).

– – – Observations hydrogéologiques dans la région du Vanil Noir (Préalpes fribourgeoises). Eclogae geol. Helv. *69*, 481–499 (1976 a).

– – – L'hydrogéologie des calcaires spathiques et siliceux du Lias dans la vallée du Gros Mont (Préalpes fribourgeoises). Bull. Centre d'Hydrogéol. Univ. Neuchâtel *1*, 61–66 (1976 b).

– – – L'importance d'un dispositif, in situ et en continu, pour l'observation des paramètres physiques et chimiques dans les sources karstiques. Ann. Sci. Univ. Besançon, Fasc. *25*, 3e série, sous presse (1976 c).

– – – Jaugeage chimique des cours d'eau à l'aide d'électrode ionique spécifique. Wasser, Energie, Luft *1/2*, 4–6 (1977).

PAGE, C.: Observations géologiques sur les Préalpes au NW des Gastlosen orientales. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. *58*, 81–177 (1968/69).

PLANCHEREL, R.: Essai d'interprétation de la dislocation transversale Bellegarde–Lac Noir (Préalpes médianes fribourgeoises). Eclogae geol. Helv. *69*, 461–469 (1976).

SHUSTER, E. T., & WHITE, W. B.: Seasonal fluctuations in the chemistry of limestone springs: A possible means for characterizing carbonate aquifers. J. Hydrol. *14*, 93–128 (1971).