

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 89 (2004-2005)  
**Heft:** 1-2

**Artikel:** La source karstique de la Lionne (L'Abbaye, Jura vaudois)  
**Autor:** Perrin, Jérôme  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-281709>

### **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:** 13.01.2026

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

## La source karstique de la Lionne (L'Abbaye, Jura vaudois)

par

Jérôme PERRIN<sup>1</sup>

*Abstract.*—PERRIN J., 2004. The Lionne karstic spring (Swiss Jura). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 89.2: 99-112.

The Lionne karstic spring is located on the south-eastern side of the Joux Lake and supplies the village of L'Abbaye with drinking water. This spring drains the aquifer of the Malm limestones. The aquifer base is determined by the «Argovian» marls and its upper limit is constituted by the «Purbeckian» marls. Both formations delineate the springs catchment area: to the East, the Argovian marls are elevated by a fault and form an impervious screen. To the South-East, an anticline axis behaves as a groundwater flow divide. To the North-West, the limit is determined by the stratigraphic contact between the Malm and the Purbeckian marls. To the South-West, the geology does not allow to ascertain a limit, but a tracer test showed the existence of a flow divergence zone: part of the groundwater is directed towards Brassus spring, and the remaining flows towards Lionne spring. The defined catchment area covers an area of 22 km<sup>2</sup>, which is in agreement with the calculated groundwater budget.

Tracer tests showed highly variable groundwater flow through times and breakthrough curves. These differences are mainly due to the prevailing hydrodynamic conditions. At high waters, flow velocities are high and breakthrough curves are multi-peaked. At low waters, velocities are 10 times lower and breakthrough curves simple-peaked. The injection procedure plays a prominent role on the tracer responses at the spring. Diffuse injections or on top of glacial deposits lead to delayed and attenuated responses. These observations contributed to improve greatly the understanding of the spring functioning.

*Keywords:* karst aquifer, tracer tests, Jura, catchment area, Malm.

*Résumé.*—PERRIN J., 2004. La source karstique de la Lionne (L'Abbaye, Jura vaudois). *Bull. Soc. vaud. Sc.nat.* 89.2: 99-112.

La source karstique de la Lionne est située en rive sud-est du lac de Joux et alimente le village de l'Abbaye en eau potable. Cette source draine l'aquifère des calcaires du Malm. La base de l'aquifère est déterminée par les marnes de l'Argovien et le sommet par les marnes du Purbeckien. Ces deux formations délimitent le bassin d'alimentation de la source: à l'est une faille remonte l'Argovien qui forme une barrière étanche; au sud-est l'Argovien forme une crête anticlinale séparant la direction des écoulements;

<sup>1</sup>Grand Faubourg, 1147 Montricher.  
E-mail: jerome.perrin@romandie.com

le contact stratigraphique Malm-Purbeckien marque la limite nord-ouest. Vers le sud-ouest la géologie ne permet pas de définir une limite, mais un essai de traçage a montré l'existence d'une zone de diffluence: une partie des écoulements se dirige vers la source du Brassus, tandis que l'autre partie alimente la Lionne. Le bassin d'alimentation ainsi défini couvre une superficie de 22 km<sup>2</sup>, en accord avec le bilan hydrologique calculé à partir des débits de la source.

Les essais de traçage réapparus à la source montrent des vitesses de transit et des courbes de restitution fort variables. Ces différences sont essentiellement liées aux conditions hydrodynamiques lors de l'essai. En crue, les vitesses sont élevées et les réponses complexes (présence de plusieurs pics de traceur); en étiage, les vitesses sont environ dix fois plus faibles et les restitutions en traceur sont à pic unique. Les conditions d'injection jouent également un rôle prépondérant sur les restitutions: des injections diffuses ou sur couverture morainique donnent des réponses retardées et atténuées à la source alors que les injections ponctuelles conduisent à des restitutions beaucoup plus marquées. Ces observations ont permis d'améliorer sensiblement les connaissances sur le fonctionnement de la source.

*Mots clés:* aquifère karstique, essais de traçage, Jura, bassin d'alimentation, Malm.

## INTRODUCTION

La source karstique de la Lionne est située dans la vallée de Joux, en amont et au SE du village de l'Abbaye. Elle émerge des calcaires du Malm au pied d'un versant rocheux très redressé et constitue la rivière de la Lionne qui va se jeter dans le Lac de Joux quelque 500 mètres en aval. Au-dessus de la source, deux grottes sont des émergences temporaires du système karstique, il s'agit de la Petite et de la Grande Chaudières d'Enfer (PERRIN *et al.* 2001, AUDÉTAT *et al.* 2002).

Une partie de l'eau de source est utilisée par le village de l'Abbaye comme eau de boisson. (Dès fin 2003, le captage est momentanément inutilisé par suite de contaminations bactériennes récurrentes, Golay comm. pers.) Elle a également fourni durant de nombreuses années l'énergie hydraulique nécessaire aux scieries situées le long de son cours.

Cette source présente de fortes variations de débit caractéristiques d'une source karstique. La qualité bactériologique de l'eau est souvent médiocre pendant la saison d'estivage car de nombreux chalets d'alpage occupent le bassin d'alimentation. Une récente étude hydrogéologique a été entreprise dans le but d'établir les zones de protection de la source (PERRIN et ZWAHLEN 2002a). Ce travail a permis d'améliorer sensiblement la connaissance de ce système karstique et cet article en résume les points essentiels: limites du bassin d'alimentation, essais de traçage, débits de la source et qualité de l'eau.

## CADRE GÉOLOGIQUE

La source est située au pied du versant NE de l'anticlinal du Mont-Tendre qui constitue le premier chaînon du Jura plissé en venant du plateau suisse (fig. 1).

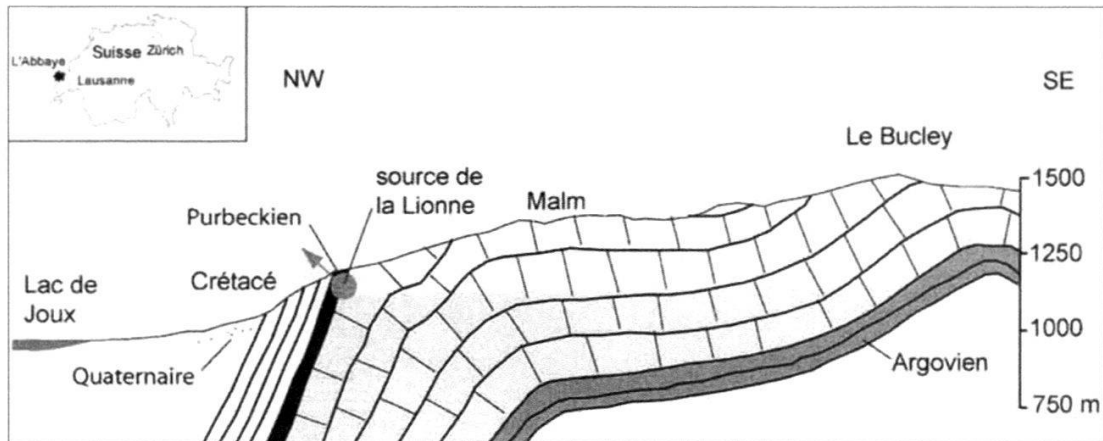


Figure 1.—Coupe géologique simplifiée de la région d'étude. La zone saturée de l'aquifère est indiquée en grisé en prenant l'altitude de la source pour référence.

L'aquifère qui alimente la source de la Lionne est situé dans les calcaires du Malm (Séquanien, Kimméridgien, Portlandien) d'une puissance de 400 m. Il s'agit essentiellement de calcaires massifs avec quelques intercalations marneuses. Ceux-ci reposent sur les marnes et marno-calcaires de l'Oxfordien, appelé localement «Argovien», d'environ 200 m d'épaisseur. Le toit des calcaires est recouvert par des alternances de marnes et de calcaires d'âge Crétacé. La région a connu d'importantes glaciations dont les témoins sont quelques moraines latérales qui occupent une partie du bassin d'alimentation. Quelques affleurements et des mesures géophysiques montrent que l'épaisseur de la moraine peut atteindre plusieurs mètres. Ailleurs, les calcaires du Malm affleurent largement et une morphologie typiquement karstique s'est développée avec des lapiaz, des dolines, des bassins fermés et des vallées sèches.

L'important décrochement de Montricher-Vallorbe-Pontarlier, de direction N-S, passe directement au NE de la source. Une de ses branches amène les marnes de l'Argovien en surface dans le vallon du Sapelet.

Les mesures de fracturation effectuées sur le terrain ainsi que les observations réalisées dans le réseau karstique montrent quatre directions préférentielles de fracturation. Ces fractures sont sub-verticales et ont les directions suivantes: N-S correspondant au décrochement de Pontarlier,  $100^\circ$  correspondant aux décrochements dextres conjugués,  $150^\circ$  perpendiculaire à l'axe des plis,  $50^\circ$  parallèle à l'axe des plis.

#### HYDROGÉOLOGIE RÉGIONALE

Les précipitations suivent un régime pluvio-nival avec une infiltration efficace d'environ 1150 mm par an (JEANBLANC et SCHNEIDER 1981, WACKER et WITWER 1982). La recharge de l'aquifère karstique se fait essentiellement par

infiltration diffuse des précipitations à travers le sol et les fissures du calcaire. Seul le vallon du Sapelet, creusé dans les marnes de l'Argovien, est drainé par un ruisseau superficiel qui s'infiltré dans le karst dès son arrivée sur les calcaires.

Le contexte hydrogéologique régional a été esquissé dans les travaux de AUBERT *et al.* (1979) et AUBERT (1941, 1943). L'aquifère karstique du Malm est le réservoir le plus important, il alimente les principales sources de la région: La Lionne, Le Brassus, La Venoge. Cet aquifère est limité par le toit des marnes de l'Argovien à sa base et par la série sédimentaire du Crétacé à son sommet (fig. 1). Le Crétacé est une alternance de marnes et de calcaires dans lesquels de modestes aquifères alimentent des sources de versant. Les aquifères du Crétacé et du Malm ne sont que localement indépendants; à l'échelle régionale des échanges existent au niveau de zones fracturées: en général l'aquifère du Malm alimente l'aquifère du Crétacé. En bordure du lac de Joux, des aquifères poreux existent dans les dépôts morainiques et alluviaux. Ils sont exploités au village du Pont et partiellement vers le village du Brassus.

Le tableau 1 résume les valeurs de conductivité électrique et température obtenues pour quelques sources proche de l'Abbaye. Des différences notables apparaissent entre les aquifères drainés. Les eaux issues de l'aquifère du Malm (sources de la Lionne et du Brassus) sont froides et peu minéralisées. Les eaux de l'aquifère crétacé montrent des valeurs intermédiaires, et les eaux issues des dépôts quaternaires sont plus chaudes et minéralisées.

Tableau 1.—Conductivités et températures de l'eau des sources de la région étudiée; moyennes sur une dizaine de valeurs mesurées pendant l'année hydrologique 1999 – 2000. (Localisation cf. figure 3).

Code	Source	Altitude	Géologie de l'aquifère	Conductivité [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Température [ $^{\circ}\text{C}$ ]
A	Lionne	1040 m	Malm	357	6.0
B	Brassus	1055 m	Malm	344	5.8
C	Bioux	1065 m	Crétacé	407	8.1
F	Scierie	1035 m	Crétacé	389	7.0
G	Sapelet	1230 m	Moraine	452	10.0
H	Communal	1310 m	Moraine	482	10.2

#### HYDRODYNAMIQUE DE LA SOURCE

Le débit de la source de la Lionne a été mesuré en détail durant l'année hydrologique 1999-2000 (fig. 2). Une sonde de pression a été installée 500 mètres en aval de la source en un endroit où le courant est relativement calme.

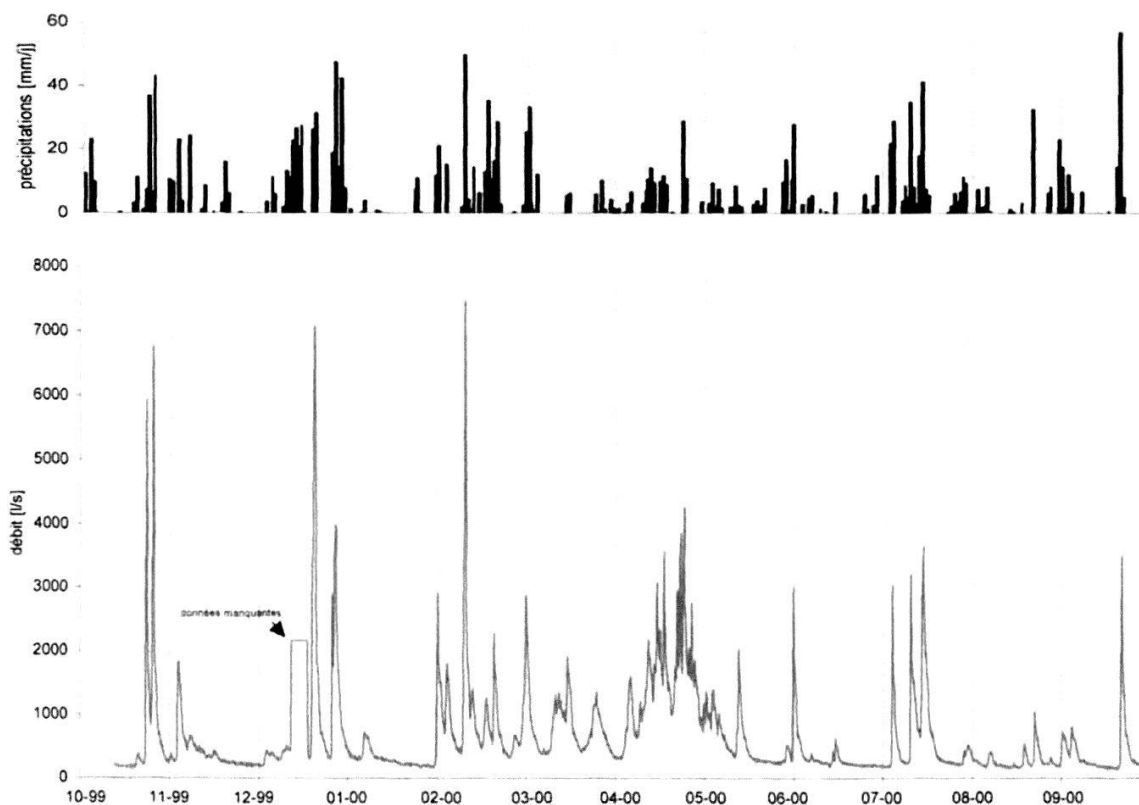


Figure 2.—Chronique des débits de la source de la Lionne (a) et précipitations journalières à la station de la Dôle (b), année hydrologique 1999-2000.

Le raccordement de la sonde à un enregistreur automatique a permis de mesurer la hauteur d'eau toutes les 20 minutes. Une courbe de tarage donnant la relation hauteur d'eau-débit a été établie par la réalisation d'expériences de jaugeage du cours d'eau. La précision des débits obtenus est de l'ordre de  $\pm 10\%$ .

La source montre de fortes variations de débit. Les débits d'étiage descendent en dessous de 200 l/s alors que les pointes de crue dépassent 8000 l/s. Le trop-plein de la Petite Chaudière commence à couler lorsque le débit de la source principale dépasse 2500 l/s. Le trop-plein de la Grande Chaudière quant à lui ne coule que lors de crues exceptionnelles (février 1990).

L'augmentation de débit à la source commence quelques heures seulement après le début de fortes précipitations; le débit maximum est atteint 8 à 13 heures après le début de la crue, et le retour à l'étiage se fait sur quelques jours (3-4 jours). Ce comportement hydraulique «nerveux» est typique d'un aquifère karstique à conduits bien développés.

Le débit moyen ( $Q_a$ ) à la source est de 745 l/s pour l'année hydrologique 1999-2000. Pour la même période les précipitations mesurées aux stations pluviométriques de l'institut suisse de météorologie sont les suivantes: 2286 mm à La Cure, 1894 mm aux Bioux, 1847 mm aux Charbonnières, 1737 mm à la Dôle. A partir de ces données, on peut estimer les précipitations annuelles

moyennes ( $P_a$ ) à 2000 mm (ou  $l/m^2$ ). Pour la région du haut Jura, il est admis que l'infiltration efficace correspond au 70% des précipitations totales, le reste étant repris par l'évapotranspiration (PETCH 1970, JEANBLANC et SCHNEIDER 1981). En négligeant la variation annuelle du volume d'eau souterraine stocké, ces informations permettent de calculer le bilan hydrologique selon (1):

$$S = \frac{Q_a \cdot \Delta t}{0.7 \cdot P_a} \quad (1)$$

avec  $\Delta t$  correspondant à la période de temps considérée (année hydrologique 1999-2000) et  $S$  la superficie du bassin d'alimentation. Le calcul permet d'obtenir une superficie de 16.8 km<sup>2</sup>.

#### BASSIN D'ALIMENTATION DE LA SOURCE

La carte des isohypses des marnes de l'Argovien (fig. 3) montre que l'anticlinal du Bucley divise les écoulements: sur le flanc nord-ouest les eaux souterraines sont dirigées vers la source de la Lionne, alors que sur le flanc sud-est elles vont alimenter les sources du pied du Jura (Venoge, Aubonne) tel que montré par l'essai de traçage T1 réalisé au Pré de l'Haut (LAVANCHY 1988). L'axe anticlinal est une bonne approximation de la limite sud-est du bassin.

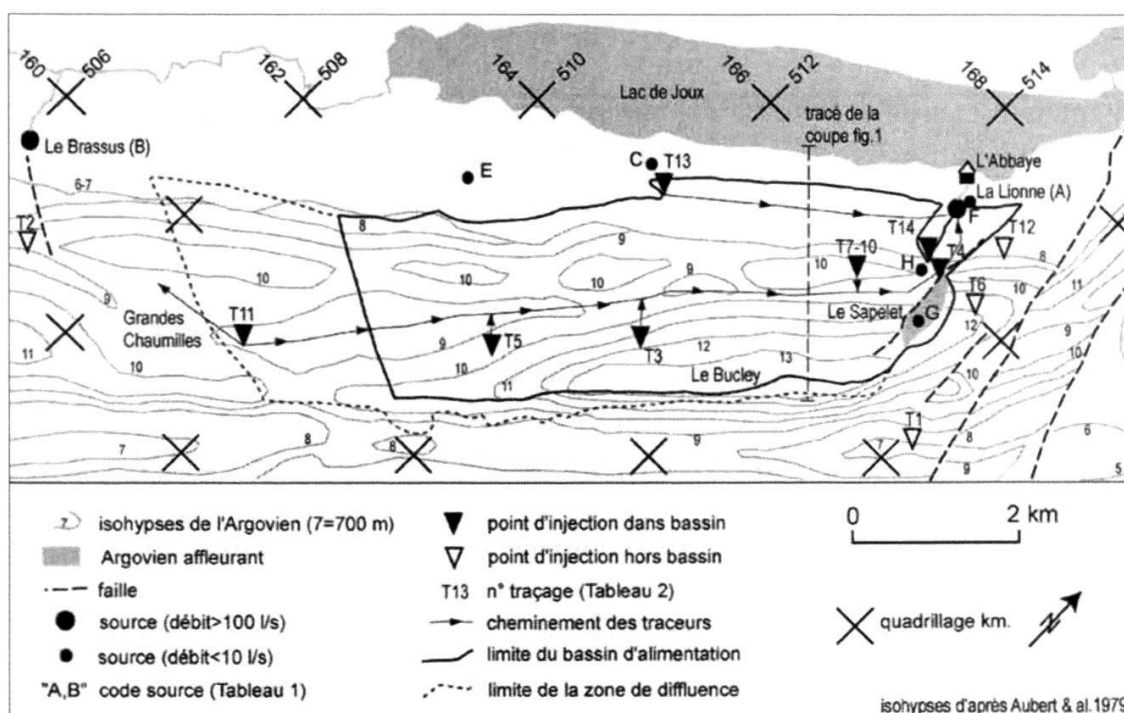


Figure 3.–Carte hydrogéologique du bassin d'alimentation de la source de la Lionne.

La source de la Lionne est située au sommet des calcaires du Portlandien (fig. 1). C'est une source de débordement de l'aquifère du Malm qui se vidange au profit d'une fenêtre d'érosion dans les marno-calcaires du Crétacé. Cette fenêtre correspond au vallon glaciaire qui descend sous le pâturage du Communal jusqu'aux abords de la source. Le contact stratigraphique entre le Portlandien et le Purbeckien doit délimiter assez précisément la bordure nord-ouest du bassin. L'essai de traçage T13 confirme cette limite: le traceur injecté dans le Portlandien mais à proximité du contact avec le Purbeckien a été retrouvé à la Lionne alors qu'aucune trace n'était décelée à la source des Bioux (C), très proche du point d'injection, mais sise dans le Crétacé.

Au nord-est (vallon du Sapelet), une grande faille nord-sud associée au décrochement de Pontarlier amène les marnes de l'Argovien jusqu'en surface sur sa lèvre est. Par le rehaussement relatif des marnes, cette faille forme une barrière aux écoulements venant du sud-ouest et les dirige vers la source de la Lionne. A l'est de la faille, les écoulements rejoignent les sources de la Venoge (essais T6, T12). Au sud-ouest, le bassin de la Lionne jouxte celui de la source du Brassus (PERRIN *et al.* 2001). Aucune structure géologique ne permet de proposer une limite précise entre ces deux bassins et seuls les essais de traçage donnent des informations (T2, T11). L'essai de traçage T11 montre que la région des Grandes Chaumilles se situe en limite du bassin puisque seul 12% du traceur est réapparu à la Lionne, la majeure partie étant ressortie à la source du Brassus. Cette limite sud-ouest est donc une zone de transition entre les bassins de la Lionne et du Brassus.

Le bassin d'alimentation de la Lionne est subdivisé en deux zones (fig. 3): la première alimente uniquement la source et couvre une superficie de 16 km<sup>2</sup>, la seconde englobe les zones de diffluences probables (culmination de l'anticlinal du Bucley, région des Grandes Chaumilles) et fait passer la superficie à 22 km<sup>2</sup>. Les chiffres obtenus sont en accord avec le bilan hydrologique calculé au paragraphe précédent.

#### ESSAIS DE TRAÇAGE

Les essais de traçage sont non seulement utiles pour la délimitation du bassin d'alimentation (paragraphe précédent), ils permettent également d'obtenir des informations sur le transport de matières dissoutes dans l'aquifère. Dans cette optique, les essais effectués (tableau 2) doivent être séparés en deux groupes:

##### 1) Injection ponctuelle de traceur

Le traceur est «poussé» par plusieurs m<sup>3</sup> d'eau dans un point d'infiltration préférentiel. Ce type d'injection (T3, T4, T5, T11) implique que l'eau tracée va court-circuiter la zone non-saturée de l'aquifère et de fait donner essentiellement des renseignements sur le transport dans les conduits de la zone phréatique.



Tableau 2.—Essais de traçage réalisés sur le versant sud-est de la Vallée de Joux.

## A. Localisation et conditions d'injection

N° essai	Lieu d'injection	Coordonnées	Date injection	Traceur	Conditions d'injection locales*	Sources suivies
T 1	Pré de l'Haut	516.100/164.200 1300 m	18-5-87 11:00	Uranine 5 kg	Source, 30 l/min. fonte de neige	A, D
T 2	Meylande Dessus W	506.950/158.200 1315 m	20-06-88 13:40	Uranine 2 kg	Fouille, 5 m <sup>3</sup> étiage	B
T 3	Duchatte	513.250/163.180 1420 m	25-10-99 9:50	Uranine 4 kg	Lapiaz, 15 m <sup>3</sup> crue	A, B, C, D
T 4	Vallon du Sapelet	514.950/165.970 1265 m	25-10-99 10:45	Sulfo. G 1.5 kg	Ruisseau crue	A, B, C, D
T 5	Croset du Buron	511.850/161.700 1364 m	17-5-00 10:35	Uranine 4 kg	Lapiaz, 10 m <sup>3</sup> étiage	A, B, C, D, E
T 6	Les Croisettes	515.600/166.050 1323 m	17-5-00 12:10	Sulfo. G 2 kg	Lapiaz, 10 m <sup>3</sup> crue dès le 31-05	A, D
T 7	Vallon du Communal	514.244/165.334 1352 m	13-7-00 10:45	Sulfo. G 0.4 kg	Lapiaz, 0.68 m <sup>3</sup> crue dès le 14-07	A
T 8	Vallon du Communal	514.244/165.334 1352 m	13-7-00 11:20	Uranine 0.315 kg	Arrosage, 0.7 m <sup>3</sup> crue dès le 14-07	A
T 9	Vallon du Communal	514.244/165.334 1352 m	8-8-00 12:26	Sulfo. G 0.4 kg	Lapiaz, 1.08 m <sup>3</sup> étiage	A

Tableau 2.-Suite.

## A. Localisation et conditions d'injection

N° essai	Lieu d'injection	Coordonnées	Date injection	Traceur	Conditions d'injection locales*	Sources suivies
T 10	Vallon du Communal	514.244/165.334 1352 m	8-8-00 13:54	Uranine 1.5 kg	Moraine, 2 m <sup>3</sup> étiage	A
T 11	Les Grandes Chaumilles	509.770/159.700 1330 m	17-10-00 10:30	Uranine 4 kg	Lapiaz, 10 m <sup>3</sup> d'eau étiage	A, B, C, D, E
T 12	Vieux Chalet du Pont	515.240/166.700 1245 m	17-10-00 14:00	Sulfo. G 1 kg	Lapiaz, 3 m <sup>3</sup> d'eau étiage	A, B, C, D, E
T 13	Couvert à Timothée	511.790/164.390 1170 m	10-10-01 8:55	Uranine 0.5 kg	Fouille, 0.5 m <sup>3</sup> étiage	A, C
T 14	Aval du Communal	514.800/166.000 1230 m	20-9-02 17: 10	Uranine 0.5 kg	Ruisseau 0.6 l/s étiage	A

Liste des points d'injection. Pour la colonne Sources suivies: A = source de la Lionne, B = source du Brassus, C = captage des Bioux, D = source de la Venoge, E = source de l'Orient.

\*: débit ou volume d'eau injecté.

Tableau 2.-Essais de traçage réalisés sur le versant sud-est de la Vallée de Joux.

## B. Résultats des essais de traçage

N° essai	Lieu d'injection	Détection Lionne	Détection autres sources	Distance Lionne	Vitesse max.	Vitesse moy.	Restitution	Référence
T 1	Pré de l'Haut	-	Venoge					Lavanchy 1988
T 2	Meylande Dessus W	-	Brassus					Perrin et al. 2000
T 3	Duchatte	+		3700 m	598 m/h	503 m/h	80%	Perrin & Zwahlen 2002a
T 4	Vallon du Sapelet	+		800 m	372 m/h	320 m/h	85%	Perrin & Zwahlen 2002a
T 5	Croset du Buron	+		5700 m	51 m/h	34 m/h	100%	Perrin & Zwahlen 2002a
T 6	Les Croisettes	-	Venoge					Perrin & Zwahlen 2002a
T 7	Vallon du Communal	+		1500 m	49 m/h	47 m/h	40%	Perrin & al. 2004
T 8	Vallon du Communal	+		1500 m	41 m/h	20 m/h	16%	Perrin & al. 2004

Tableau 2.–Suite.  
B. Résultats des essais de traçage

N° essai	Lieu d'injection	Détection Lionne	Détection autres sources	Distance Lionne	Vitesse max.	Vitesse moy.	Restitution	Référence
T 9	Vallon du Communal	+		1500 m	6 m/h	5 m/h	50%	Perrin & al. 2004
T 10	Vallon du Communal	-						Perrin & al. 2004
T 11	Les Grandes Chaumilles	+	Brassus, L'Orient	8500 m	35 m/h	32 m/h	12%	Perrin & Zwahlen 2002a
T 12	Vieux Chalet du Pont	-	Venoge					Perrin & Zwahlen 2002a
T 13	Couvert à Timothée	+		3600 m	8 m/h		Traces	GEOLEP comm. pers.
T 14	Aval du Communal	+		800 m	3.3 m/h	1.6 m/h	20%	Perrin & Zwahlen 2002b

Les conditions hydrodynamiques vont largement influencer le transport dans les conduits. En étiage (T5, T11), les vitesses moyennes de transit sont de l'ordre de 30 m/h et les courbes de restitution sont simples et légèrement asymétriques (fig. 4). En crue (T3, T4), les vitesses dépassent 300 m/h et les courbes de restitution présentent plusieurs pics pouvant correspondre à des cheminements par des conduits se noyant lors de tels épisodes (zone épiphréatique). T11 présente un cas intéressant de dilution. Le traceur commence à sortir à la source en période d'étiage, puis une crue apparaît pendant la restitution. Les concentrations en traceur diminuent brusquement par effet de dilution par l'eau de crue. Des affluents non tracés participent donc à l'eau de la crue. Ceux-ci doivent se connecter aux conduits déjà atteints par le traceur.

Ce type d'injection maximise la restitution. Celle-ci est de plus de 80% à l'exception de T11 dont une large partie du traceur se dirige vers la source du Brassus.

## 2) Injection diffuse de traceur

Dans ce cas, le traceur est épandu à la surface du sol ou est poussé avec une petite quantité d'eau (T7, T8, T9, T10, T13, T14). De telles injections vont apporter des informations sur le stockage et les temps de transit dans la zone non-saturée de l'aquifère (sol, épikarst). Les restitutions sont inférieures à 50% bien qu'aucun phénomène de diffiulgence ne puisse être évoqué. Ces faibles pourcentages sont attribués à un important stockage de traceur dans le sol et l'épikarst. La vitesse de transit et la forme des courbes de restitution sont très variables et dépendent des conditions hydrodynamiques et des modalités d'injection. La présence de couverture morainique freine considérablement le traceur (PERRIN *et al.* 2004).

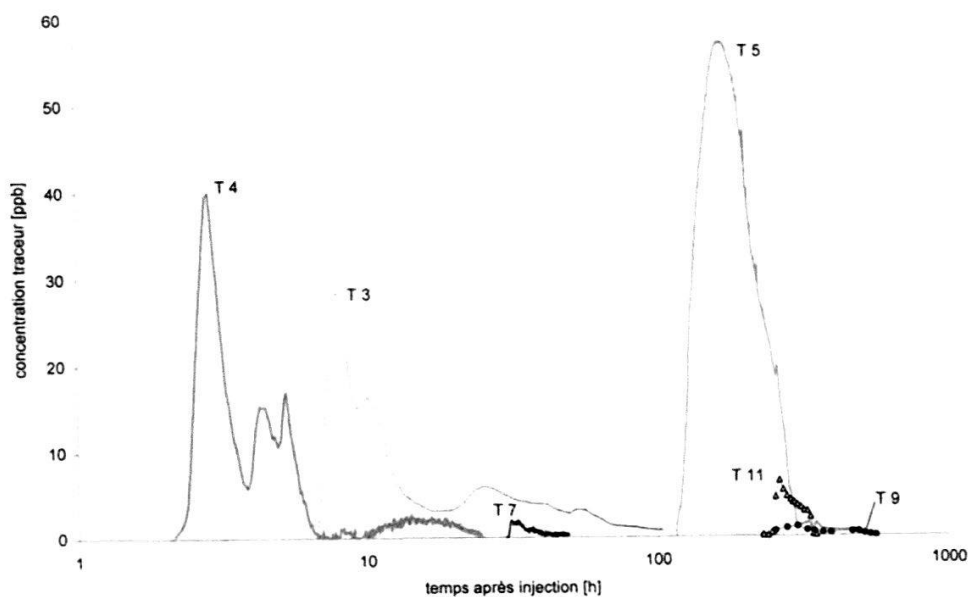


Figure 4.—Courbes de restitution des principaux essais de traçage positifs réalisés dans le bassin d'alimentation de la Lionne. Les essais T8, T13, T14 ne sont pas représentés car les concentrations restituées sont très faibles.

## QUALITÉ DE L'EAU

L'eau de la source est de bonne qualité chimique avec des concentrations en nitrates de l'ordre du bruit de fond naturel; par contre sa qualité bactériologique est très variable et souvent médiocre (tableau 3). Le nombre de germes augmente pendant la période d'estivage, soit de fin juin à fin octobre, puis la qualité de l'eau s'améliore en hiver. Cette tendance saisonnière est perturbée par les événements pluvieux qui provoquent des arrivées massives de bactéries (GUÉRIN 2001). En parallèle la turbidité de l'eau augmente fortement. Cette évolution montre la faible capacité de filtration de l'aquifère.

Tableau 3.—Qualité de l'eau à la source de la Lionne. Le coefficient de variation (CV correspondant à l'écart-type divisé par la moyenne des valeurs, exprimé en pourcent) est calculé sur 37 données. Les données sont celles du Laboratoire cantonal vaudois (réseau de surveillance de la qualité des eaux de boisson). Elles comprennent trois échantillons par année entre 1986 et 1998.

	Unité	Max	Min	C.V. [%]
Germes aérobies	Germes/100 ml	>1000	2	101
Escherichia coli	E.c./100 ml	>100	0	146
Entérocoques	En./100 ml	>100	0	232
Nitrates	mg/l	5.6	1.4	27

## CONCLUSION

Cette étude a permis de délimiter précisément le bassin d'alimentation de la source de la Lionne. Cette information permettra une meilleure protection de la qualité de l'eau à l'avenir. Une zone de difffluence entre les sources du Brassus et de la Lionne a pu être définie; d'autres essais de traçage permettraient de vérifier son étendue et de tester le phénomène sous d'autres conditions hydrodynamiques. Les nombreux essais de traçage réalisés sur le bassin apportent des informations intéressantes sur le transport des solutés dans l'aquifère: les essais utilisant de petites quantités d'eau pour l'injection montrent un stockage significatif du traceur dans la zone non saturée. Les vitesses de transit dans les conduits sont fortement dépendantes des conditions hydrodynamiques: elles passent d'environ 30 m/h en étiage à plus de 300 m/h en crue.

La qualité bactériologique de l'eau de la source sera difficile à améliorer étant donné le faible pouvoir filtrant de l'aquifère. La recherche d'autres ressources en eau potable moins vulnérables devrait être encouragée.

## REMERCIEMENTS

C'est grâce à la confiance des autorités du village de l'Abbaye que cette étude a pu être menée à son terme. Monsieur P. Golay a été d'une grande disponibilité pour toutes les expériences de terrain, qu'il en soit vivement remercié. Pascal Tacchini a eu l'amabilité de relire attentivement le manuscrit.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT D., 1941. Carte géologique Vallée de Joux. Atlas géol. Suisse 1:25'000 et notice explic.
- AUBERT D., 1943. Monographie géologique de la Vallée de Joux. Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] 78.
- AUBERT D., BADOUX H. et LAVANCHY Y., 1979. La carte structurale et les sources du Jura vaudois. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 74.4: 333-343.
- GUÉRIN C., 2001. Contribution de la microbiologie à l'appréciation de la vulnérabilité des aquifères poreux et karstiques. Diplôme Hydrogéologie, Univ. Neuchâtel.
- AUDÉTAT M., HEISS G., CHRISTEN D., DERIAZ P., HEISS C., LUETSCHER M., MOREL P., PERRIN J. et WITTEWER M., 2002. Inventaire spéléologique de la Suisse, tome 4: Jura vaudois ouest. Comm. Spéléologie Acad. Suisse Sc. nat.
- JEANBLANC A. et SCHNEIDER G., 1981. Etude géologique et hydrogéologique du Risoux-Mont d'Or. Thèse Univ. Besançon.
- LAVANCHY Y., 1988. Réalisation d'un essai de traçage triple dans la région Mont-Tendre – Col du Mollendruz (Jura vaudois). Actes 8<sup>e</sup> Congrès nat. spéléol. Vallée de Joux: 97-104.
- PERRIN J., JEANNIN P.-Y. et LAVANCHY Y., 2000. Le bassin d'alimentation de la source karstique du Brassus (Jura suisse): Synthèse des essais de traçage. *Eclogae Geol. Helv.* 93/1: 93-101.
- PERRIN J. et ZWAHLEN F., 2002a. Etude des zones de protection de la source de la Lionne. Rapport interne Centre Hydrogéologie, Univ. Neuchâtel, non publié.
- PERRIN J. et ZWAHLEN F., 2002b. Essai de traçage dans le vallon sous le Communal de l'Abbaye. Rapport interne Centre Hydrogéologie, Univ. Neuchâtel, non publié.
- PERRIN J., DUTRUIT J. et CHRISTEN D., 2001. Le système karstique de la Lionne. Actes 11<sup>e</sup> Congrès nat. Spéléologie, Genève: 47-52.
- PERRIN J., POCHON A., JEANNIN P.-Y. et ZWAHLEN F., 2004. Vulnerability assessment in karstic areas: validation by field experiments. *Environmental Geology* 46, 2: 237-245.
- PETCH M., 1970. Etude hydrogéologique de la plaine de l'Orbe. Matér. Géol. Suisse, Sér. Géophysique n° 11.
- WACKER C. et WITTEWER C., 1982. Approche hydrogéologique des sources de la reculée de la Dernier et de leurs bassins (Vallorbe, Jura vaudois, Suisse). Diplôme Hydrogéologie, Univ. Neuchâtel.

*Manuscrit reçu le 20 avril 2004*