

Les variations du débit des sources thermales de Baden (canton d'Argovie, Suisse)

Autor(en): **Zorn, Alain H. / Jaffé, Felice C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **76 (1983)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165372>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Les variations du débit des sources thermales de Baden (canton d'Argovie, Suisse)¹⁾

Par ALAIN H. ZORN et FELICE C. JAFFÉ²⁾

RÉSUMÉ

Le débit total des sources thermales de Baden (750 l/min en moyenne), qui fluctue d'une manière considérable et irrégulière d'une année à l'autre, a fait l'objet de mesures régulières depuis 1844. L'étude des variations de la pluviosité au cours de notre siècle dans la région au nord de Baden et dans la Forêt-Noire indique que celles-ci ont une influence directe sur celles du débit. Les variations de la pluviosité se répercutent sur le débit avec un retard moyen de neuf mois. D'autre part, le tremblement de terre qui a eu lieu dans la Forêt-Noire en 1901 a eu une influence marquée sur le débit des sources de Baden pendant plusieurs années. Ces observations tendent à confirmer l'hypothèse selon laquelle la zone de recharge qui alimente les sources de Baden se trouve au nord de celles-ci.

ZUSAMMENFASSUNG

Die totale Schüttung der Thermalquellen von Baden, die seit 1844 regelmässig gemessen worden ist (durchschnittlich 750 l/min), weist von Jahr zu Jahr recht erhebliche und unregelmässige Schwankungen auf. Die Niederschlagsschwankungen nördlich von Baden und im Schwarzwald haben einen direkten Einfluss auf die Schüttung der Quellen von Baden und machen sich durchschnittlich nach neun Monaten in der Ergiebigkeit dieser Quellen bemerkbar. Das Erdbeben im Schwarzwald von 1901 hat die Schüttungsverteilung der Quellen von Baden für verschiedene Jahre deutlich beeinflusst. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass sich das Einzugsgebiet der Badener Quellen nördlich derselben befindet.

ABSTRACT

Regular measurements of the total yield of the Baden thermal springs have been carried out since 1844. The yield averages 750 l/min, but fluctuates considerably and irregularly from one year to another. Variations of precipitations in the region north of Baden and in the Schwarzwald have a direct influence on the yield of the Baden thermal springs, with an average delay of nine months. The earthquake which took place in the Schwarzwald in 1901 had a marked influence on the yield of the Baden thermal springs for several years. The observations mentioned above give some additional support to the hypothesis according to which the recharge area of the aquifer which gives origin to the Baden springs is located presumably to the north of the discharge point.

¹⁾ Travail subventionné par l'Office fédéral de l'énergie,

²⁾ Département de Minéralogie de l'Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4.

1. Introduction et but de l'étude

Cette étude a été entreprise pour le compte de la Commission fédérale pour la mise en valeur de l'énergie géothermique et le stockage souterrain de chaleur. Elle se base sur les mesures non publiées du débit des sources thermales de Baden, et mises à disposition par le Baudepartement, Abteilung Wasserbau und Wasserwirtschaft, du canton d'Argovie. Ces mesures ont été effectuées avec une fréquence irrégulière variant de 1 à 12 mesures par an, ceci de 1844 à 1959. Depuis 1960 la fréquence est de quatre mesures par année.

L'eau chaude de Baden s'écoule en surface par 18 émergences situées principalement sur la rive gauche de la Limmat, mais aussi sur la rive droite (fig. 1). Des petites émergences peu importantes d'eau chaude sont également connues dans le lit de la Limmat.

Grâce aux mesures effectuées par le canton d'Argovie depuis presque 150 ans, les sources thermales peuvent être caractérisées par la constance de leur température d'environ $47 \pm 1^\circ\text{C}$, et de leur chimisme (MÜNDEL 1947; VUATAZ 1980 et 1982). La constance de ces paramètres contraste avec les fortes variations, de l'ordre d'une année, du débit total des sources qui fluctue entre un minimum de 550 l/min et un maximum de 950 l/min, ce qui correspond à des écarts de 200 l/min (26%) par rapport au débit moyen calculé de 750 l/min. En outre, le débit total des sources est caractérisé par d'importantes variations plus lentes qui se caractérisent par une suite

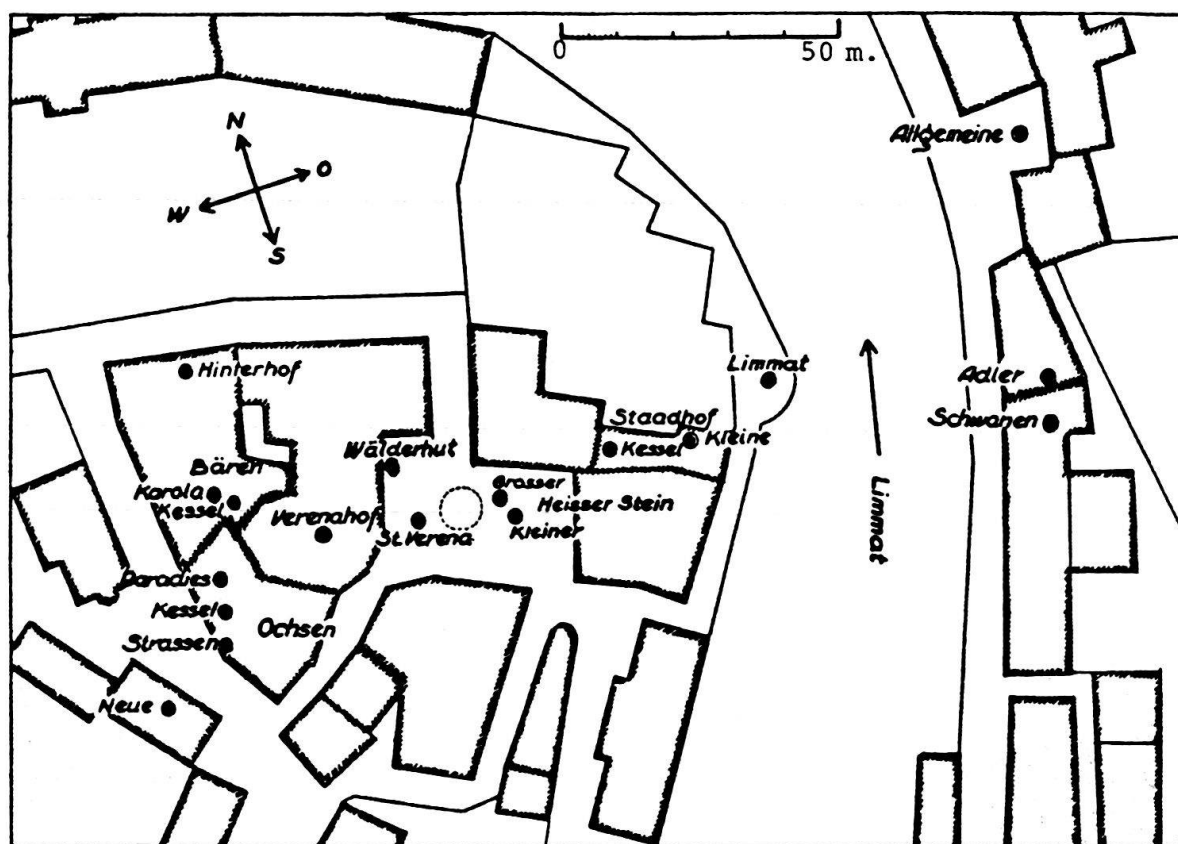


Fig. 1. Situation des sources de Baden (MÜNDEL 1947).

de grands cycles successifs d'une durée variable de 8 à 10 ans. Parmi ces cycles, deux se distinguent par une augmentation importante du débit, en 1935–1945 et 1965–1973 (ZORN 1981).

Cette étude a pour but de mieux saisir l'origine et la cause des variations du débit total des sources de Baden, en fonction des paramètres climatiques (précipitations).

L'influence des précipitations de plusieurs stations pluviométriques sur le débit total des sources avait déjà été mise en évidence de manière graphique et avec un décalage d'une année entre les précipitations et le débit pour une période assez courte de neuf ans (de 1937 à 1945, MÜNZEL 1947). Il faut cependant remarquer que ce décalage avait été calculé sur la base de la pluviosité enregistrée dans la région au sud de Baden, c'est-à-dire dans la zone du plateau molassique suisse bordant le Jura, ainsi que dans les Alpes. Ces deux régions considérées pour leur pluviosité ne nous paraissent pas représentatives, car elles ne correspondent pas à la zone de recharge des sources thermales de Baden, telle qu'elle a été postulée récemment à partir de la composition en isotopes stables ^{18}O et ^2H .

Un important travail hydrogéochimique et hydrogéologique effectué dans la région de Baden a permis d'établir et de préciser les notions suivantes, en partie nouvelles, qui ont été utilisées dans cette étude (VUATAZ 1980 et 1982):

1. D'après sa composition isotopique, l'altitude moyenne du bassin d'alimentation des sources thermales de Baden serait de 500 m environ (± 100 m).
2. Le bassin d'alimentation de la majeure partie des eaux thermominérales de Baden ne peut se situer qu'au nord de l'émergence et notamment sur le flanc sud de la Forêt-Noire (fig. 2).
3. La durée de transit souterrain de l'eau thermale est élevée (≥ 28 ans).

Il importe donc de confirmer et de préciser les données acquises antérieurement, en cernant mieux les relations existant entre le débit des eaux thermales de Baden et la pluviosité régionale au nord de l'émergence.

2. Méthodes de travail

2.1 *Acquisitions des données*

Par ce terme, on entend l'acquisition proprement dite ainsi que le stockage sur ordinateur de l'ensemble des valeurs numériques nécessaires à l'étude.

2.1.1 *Débit des sources de Baden*

Dans cette étude, seul le débit total a été pris en considération. On sait en effet que toutes les sources de Baden proviennent d'un même aquifère et s'individualisent seulement à proximité de la surface. D'ailleurs, les différentes sources ont toutes un comportement très semblable, et leurs variations de débit évoluent d'une façon analogue.

L'acquisition de ces valeurs a été faite en digitalisant la courbe des mesures du débit, établie et mise à disposition par le Baudepartement, Abteilung Wasserbau

und Wasserwirtschaft, du canton d'Argovie. Ce travail a été effectué sur la table digitalisante de l'Observatoire de Genève, à Sauverny.

Le débit des sources de Baden fait l'objet de mesures depuis 1844, mais seules les valeurs du débit dès 1900 ont été prises en considération, car durant le siècle dernier, sept années n'ont fait l'objet d'aucune mesure, et le débit n'a été généralement mesuré qu'avec une fréquence d'une, deux ou trois fois par an, fréquence insuffisante pour l'interprétation satisfaisante des variations du débit.

De même, seul le débit considéré comme naturel a été pris en considération sans tenir compte des très courtes périodes pendant lesquelles le débit total a été perturbé par des interventions humaines (pompage à l'une des sources). L'erreur moyenne faite sur les valeurs enregistrées du débit lors de la digitalisation est faible (de l'ordre de 1%) à cause de l'échelle adéquate de la représentation graphique. Elle n'influence donc pratiquement pas la précision de cette étude.

Il est utile de préciser que la mesure du débit des sources n'a été effectuée qu'une seule fois pour un mois donné, mais à des périodes différentes pendant le mois en question.

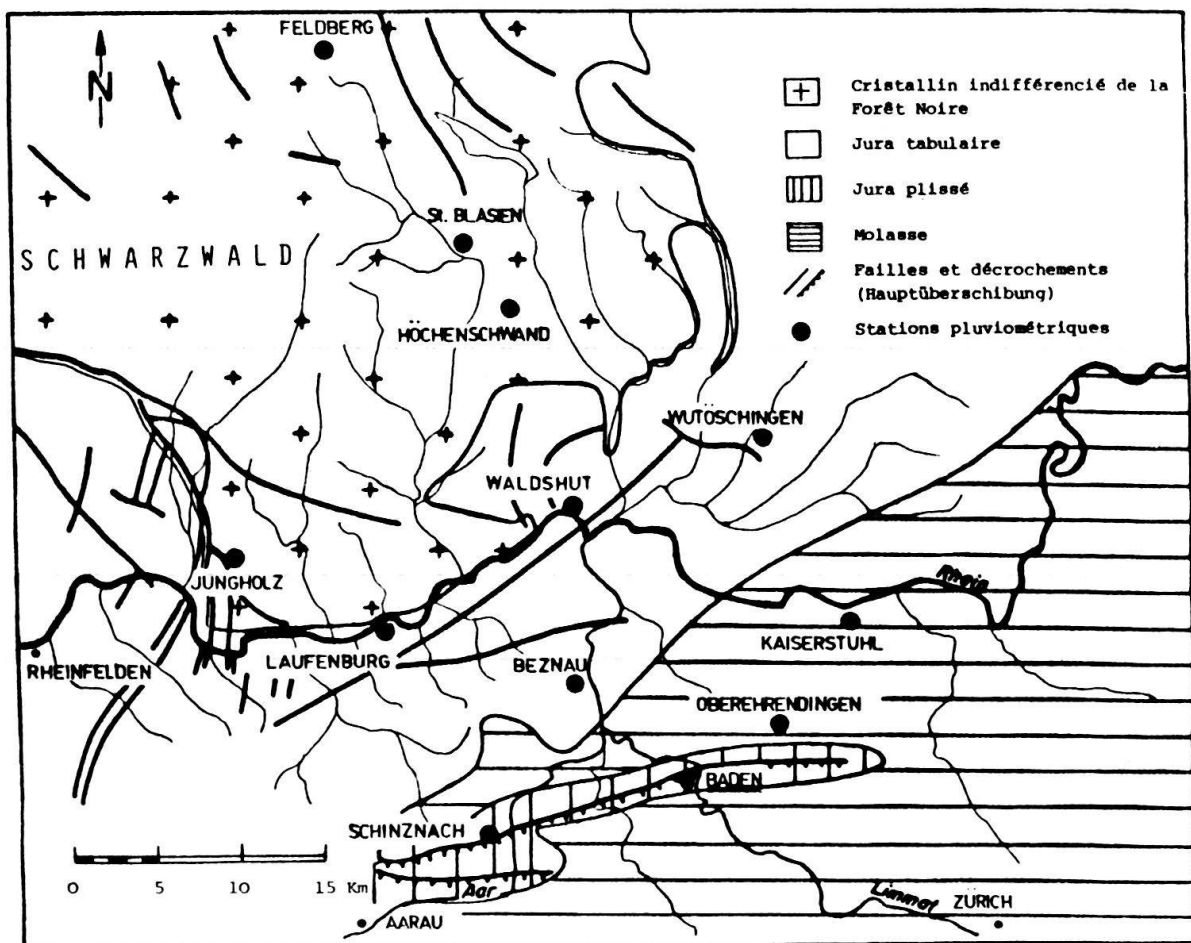


Fig.2. Géologie simplifiée de la région étudiée (d'après la Carte tectonique de la Suisse, 1:500000; Commission Géologique Suisse 1972).

2.1.2 Pluviosité de la région au nord de Baden

Les stations pluviométriques étudiées se répartissent entre Baden et le flanc sud de la Forêt-Noire (fig.3). La zone probable d'alimentation en eaux météoriques des sources de Baden se situe dans cette dernière région (VUATAZ 1980 et 1982). Dans cette étude, on a pris en considération les valeurs des pluviosités mensuelles des six stations allemandes existantes dans cette zone (Deutsches Meteorologisches Jahrbuch), ainsi que les valeurs des pluviosités de six stations suisses situées à Baden et au nord de l'émergence jusqu'à la frontière allemande (Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt).

Pour ces stations, des mesures mensuelles ont été effectuées pour la plupart depuis le début du siècle, alors que les mesures des stations allemandes ne sont facilement disponibles qu'après la dernière guerre et même plusieurs années après la fin de celle-ci (tableau).

Les mesures disponibles pour les stations suisses, qui présentent parfois des lacunes d'observation (de 6 à 72 mois), ont été complétées en estimant par comparaison graphique les valeurs mensuelles manquantes avec celles des stations pluviométriques les plus proches, après avoir contrôlé que dans les périodes de chevauchement les différences de la pluviosité sont faibles.

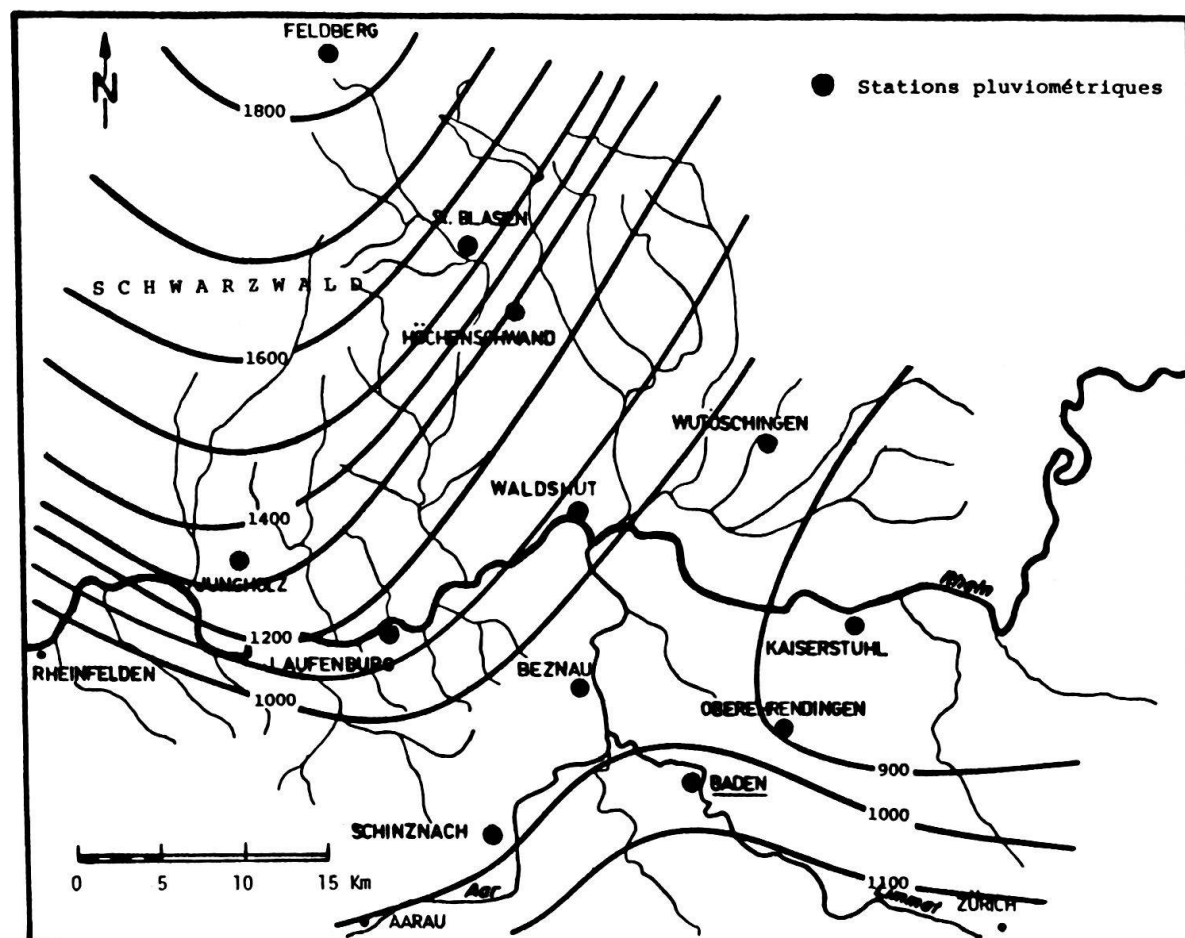


Fig. 3. Pluviosité annuelle moyenne de la région étudiée de 1955 à 1976 en millimètres par an.

2.1.3 *Le débit de la Limmat*

Il est difficile de prendre en considération le débit mensuel de la Limmat à Baden parce que les variations de celui-ci sont dues en partie à la régulation artificielle de la rivière. En outre, l'eau du bassin de la Limmat ne provient pas uniquement de la zone de recharge de l'aquifère. Enfin, l'influence de l'eau de la Limmat sur le débit des sources de Baden est très faible. En effet, l'apport d'eau froide de la Limmat, ainsi que celui de l'aquifère des graviers quaternaires, partiellement alimenté par cette rivière, ne représente probablement pas plus que le 3% de la quantité totale de l'eau des sources thermales (VUATAZ 1982).

2.2 *Traitement des données*

Les figures 4, 5 et 6 ont été exécutées sur le traceur graphique Benson couplé avec l'ordinateur UNIVAC 1100/61 du Centre cantonal d'informatique de l'Université de Genève, qui emploie en sous-programme la routine DIAG J595 de la Bibliothèque du Centre d'informatique de l'Université de Genève.

2.2.1 *Mensualisation du débit total des sources de Baden*

Pour couvrir les périodes pendant lesquelles les mesures mensuelles du débit des sources de Baden n'ont pas été effectuées, il a été nécessaire d'en estimer les valeurs mensuelles pour pouvoir ensuite les comparer aux données pluviométriques mensuelles (fig. 6). Cette mensualisation a été faite par le calcul du «spline cubique» qui

Tableau: *Stations pluviométriques dont la pluviosité mensuelle a été utilisée.*

	Altitude en mètres	Période
<i>Stations suisses</i>		
Baden	381	1901-1980
Beznau	327	1901-1980
Kaiserstuhl	339	1901-1980
Laufenburg	320	1912-1980
Oberehrendingen	480	1901-1980
Schinznach	365	1943-1980
<i>Stations allemandes</i>		
Feldberg	1486	1946-1976
Höchenschwand	1015	1946-1976
Jungholz	728	1955-1976
St. Blasien	785	1946-1976
Waldshut	324	1955-1976
Wutöschingen	383	1955-1976

permet d'établir une courbe passant par toutes les valeurs connues du débit. Cette courbe mathématique est composée d'une succession de polynômes cubiques dont on calcule par interpolation les valeurs mensuelles manquantes (Cox 1974).

2.2.2 Calcul de la pluviosité mensuelle régionale du nord de Baden

On peut constater que l'allure des variations saisonnières ou de celles à long terme de la pluviosité de toutes les stations situées au nord de Baden est très similaire d'une station à l'autre. Par contre, l'intensité de la pluviosité augmente du sud (région du Jura tabulaire, situé essentiellement en Suisse) au nord (région de la Forêt-Noire en Allemagne; fig. 3).

Ainsi, le calcul de la pluviosité régionale devrait tenir compte de l'ensemble des stations pluviométriques situées dans la région entre Baden et la Forêt-Noire (tableau). Toutefois, pour les stations allemandes, la durée des observations est seulement de 20 à 30 ans, et comme on a constaté que leur régime pluviométrique est parfaitement comparable à celui des stations suisses, on a employé seulement ces dernières dont les valeurs sont généralement disponibles de 1901 à 1980 (tableau).

Les valeurs de la pluviosité mensuelle régionale sont obtenues par le calcul de la formule suivante, qui prend en considération les valeurs des pluviosités mensuelles des six stations suisses au nord de Baden.

$$\hat{P}_i = \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^n \bar{X}_k \cdot \sum_{k=1}^n \frac{P_{ki}}{\bar{X}_k}$$

\hat{P}_i = pluviosité mensuelle régionale calculée pour le mois i

n = nombre total de stations; $n = 6$

k = numéro de la station, $k = 1, \dots, n$

\bar{X}_k = pluviosité mensuelle moyenne de la station pluviométrique k

P_{ki} = pluviosité mensuelle de la station pluviométrique k mesuré pour le mois i

2.2.3 Emoussage (smoothing) des valeurs de la pluviosité mensuelle régionale du nord de Baden

Le but de l'émoissage des valeurs mensuelles très variables de la pluviosité est de donner, par la méthode des moyennes mobiles, une représentation graphique continue de ces variations, ce qui permet de les comparer par la suite aux variations du débit.

Les moyennes mobiles peuvent être comparées à des filtres qui permettent d'éliminer les fluctuations rapides et sans grand intérêt (bruit de fond du signal) pour mieux faire ressortir les tendances principales et significatives qui existent pour des périodes plus longues (signal). Les valeurs de la pluviosité mensuelle régionale ont été émoissées en employant l'algorithme de Spencer qui s'étend sur des intervalles de 21 mois (DAVIS 1973). L'exemple de la station pluviométrique allemande d'Höchenschwand permet de comprendre l'intérêt de l'émoissage des valeurs pluviométriques mensuelles (fig. 4).

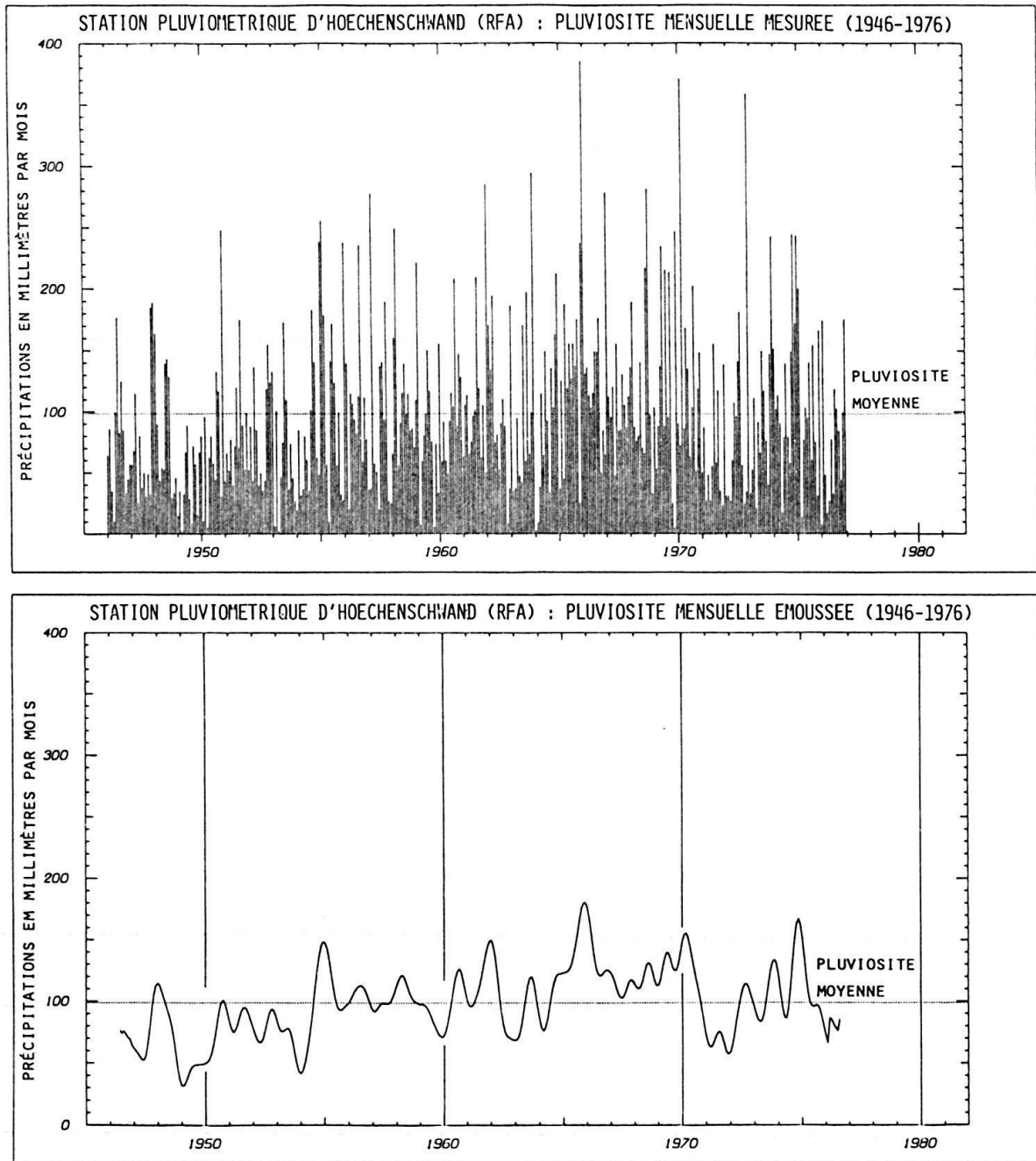


Fig.4. Pluviosité mensuelle mesurée et émoussée (1946-1976) de la station pluviométrique d'Höchenschwand (RFA).

2.2.4 Coefficient de corrélation

Pour connaître le retard moyen qui existe entre la courbe de la pluviosité régionale émoussée et celle du débit, on a calculé le coefficient de corrélation en considérant le décalage successif de ces deux séries de mois en mois (fig.5). La courbe ainsi obtenue (corrélogramme) permet d'observer l'évolution de ce coefficient qui exprime le lien entre le débit et la pluviosité (DAVIS 1973, p.234). On observe sur cette figure qu'il existe un pic accentué avec une valeur maximum du

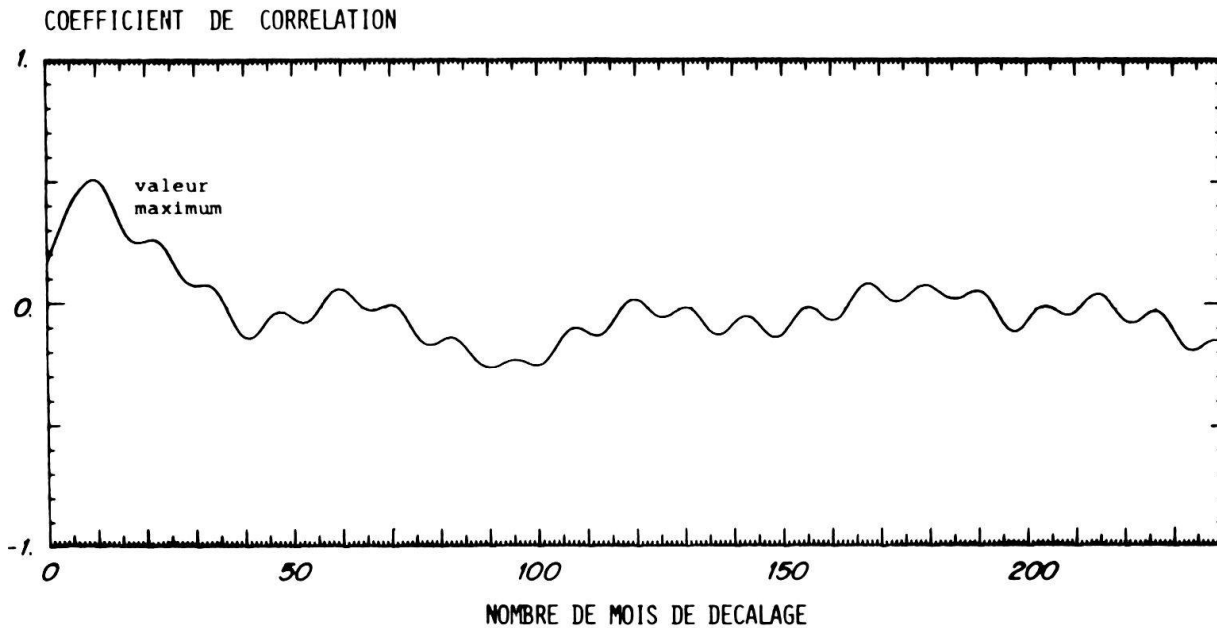


Fig. 5. Corrélogramme représentant l'évolution du coefficient de corrélation en décalant de mois en mois la courbe de la pluviosité mensuelle émoussée par rapport à celle du débit.

On constate que le coefficient de corrélation a la valeur maximum (0,51) lorsqu'il y a un décalage de neuf mois entre la courbe de la pluviosité et celle du débit.

coefficient de corrélation de 0,51 pour un décalage de neuf mois entre les deux courbes.

3. Interprétation des résultats

En mettant visuellement en relation la courbe du débit total des sources de Baden avec celle de la pluviosité régionale au nord de Baden, on constate que les variations de la pluviosité se répercutent sur le débit d'une manière significative («best fit») avec un retard moyen de neuf mois (fig. 6). Ce retard moyen correspond au coefficient de corrélation entre la pluviosité et le débit le plus élevé (0,51) et d'ailleurs le seul significatif. Cependant, ce retard n'est pas toujours de neuf mois, mais peut varier entre un mois (par exemple en automne 1909 et au printemps 1910) et vingt et un mois (par exemple entre janvier 1949 et novembre 1950). Une régularité dans la diminution ou l'augmentation du retard n'a pas pu être observée, même à l'intérieur des grands cycles de huit à dix ans du débit et de la pluviosité.

Ces cycles assez longs du débit, généralement d'une durée de huit à dix ans, avaient été mis en évidence sans explication satisfaisante dans un rapport préliminaire (ZORN 1981). Ils correspondent parfaitement à des grands cycles de pluviosité de la région au nord de Baden, bien entendu avec le retard habituel mentionné ci-dessus.

La cause de l'influence retardée des effets de la pluviosité sur le débit est vraisemblablement due à un effet piston qui intervient en profondeur dans l'aquifère. En effet, on sait par la teneur en tritium que la durée totale du transit souterrain de l'eau des sources de Baden est ≥ 28 ans (VUATAZ 1982), mais les eaux météoriques

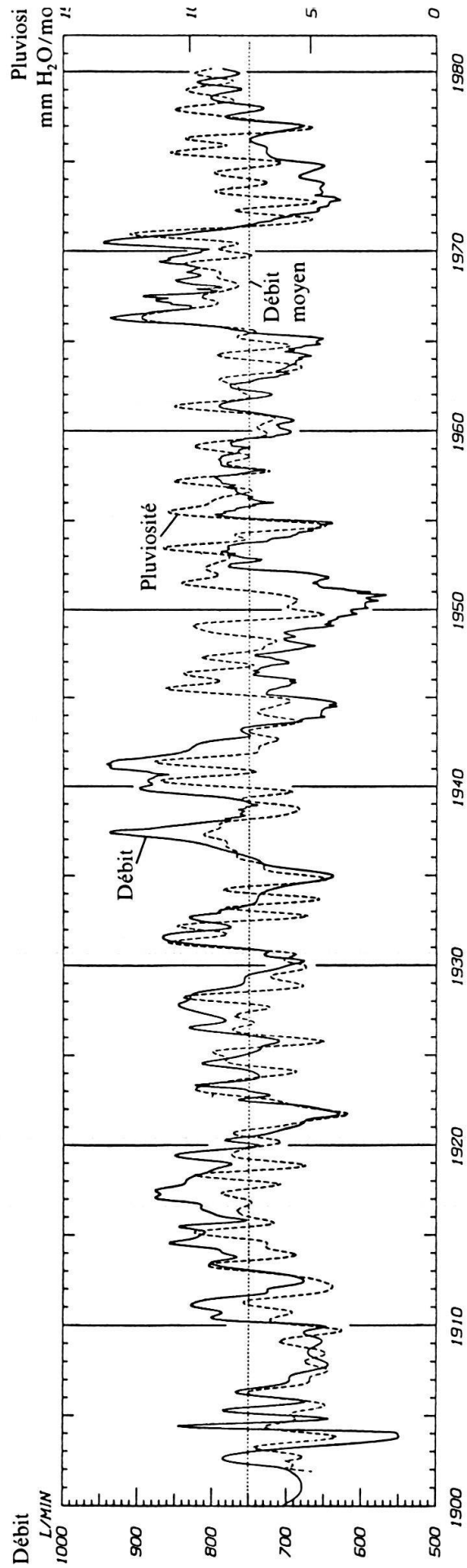


Fig. 6. Superposition optimale de la pluviosité mensuelle régionale éoussée au nord de Baden, sur le débit total mensualisé des sources thermales de Baden (1901-1980) avec un décalage de neuf mois. Débit = trait continu; pluviosité = trait tiré.

de la zone de recharge de l'aquifère au nord de Baden exercent sur celui-ci une surpression hydrostatique qui se répercute sur le débit des sources neuf mois après en moyenne.

D'autre part, l'étude comparative de la courbe du débit avec celle de la pluviosité nous a amené à une constatation intéressante. En 1903, la représentation graphique du débit obtenue par la méthode du «spline cubique» a été tellement forte et donc anormale, qu'il a fallu la corriger sur la figure 6 pour des raisons graphiques.

En recherchant les causes de cette anomalie unique dans la période étudiée de 80 ans, on s'est aperçu qu'au début du siècle, il s'est produit en Forêt-Noire un tremblement de terre assez important. Ce phénomène, qui a eu lieu au mois de mars 1901, a été décrit comme suit (Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, 1901):

«Den 24. März ca. 4 h. 30 Erdbeben am Oberrhein und im Schwarzwald. Dasselbe verbreitete sich in der Schweiz über Basel-Birsfelden-Ziefen-Solothurn-Flumenthal-Olten-Etzen b/Laufenburg und Schaffhausen, d.h. bloss innerhalb des Jura. Dass von den 41 eingelaufenen Berichten 24 auf die volkreiche Stadt Basel fallen, darf nicht befremden (cf. Allgemeine Schweizerzeitung Nr. 157 vom 4. April 1901). Wichtiger ist der Umstand, dass von den 23 durch Berichte festgestellten Orten (inkl. Riehen und Kleinbasel) 14 derselben auf den von Verwerfungen gelockerten Tafeljura der Kantone Baselland und des benachbarten Aargau fallen, wie: Muttenz, Niederschönthal, Frenkendorf, Liestal, Lupsingen und Ziefen; dann nördlich der Ergolz: Arisdorf, Olsberg, Wintersingen, Nussdorf, Buus, Maisprach, Rheinfelden, Etzen.»

Im allgemeinen wurde nur ein Stoss verspürt von Grad IV, als ein Zittern und Beben des Hauses und der Möbel. Die Leute wurden aufgeweckt, im Bett gehoben und gesenkt (Basel). Im oberen Stock wurde die Bewegung im allgemeinen stärker empfunden. In Ziefen und Lupsingen schlugen Gewichte an Webstühlen aneinander! In Muttenz soll eine Weckeruhr arretiert worden sein; in der Neustadtstrasse in Basel hörte man die Glocke an einem Gartentor läuten. Ein Getöse wird häufig angegeben, bald vor, bald nach dem Stoss. Die Angaben über Stossrichtungen können kaum verwertet werden. Von Blumenrain in Basel wird gemeldet, dass sich ein Spiegel an einer N-S-Wand heftig bewegt habe. In Olten-Hammer wurde eine Person in einem E-W stehenden Bette gegen Süden bewegt. In Muttenz bellten die Hunde in auffälliger Weise.»

L'influence du tremblement de terre dans la Forêt-Noire sur le débit des sources de Baden se prolonge vraisemblablement jusqu'en 1907. En effet, on constate que pendant les six années qui ont suivi ce tremblement de terre, l'allure générale de la courbe du débit est caractérisée par une succession de variations semblables dont l'ampleur s'amortit régulièrement. Cette forme très particulière ne se répète plus de la même façon au cours de la période étudiée (1901-1980).

Conclusions

Les variations fortes et irrégulières du débit total des sources thermales de Baden, mesurées depuis presque 150 ans, peuvent être mises en relation avec des variations correspondantes de la pluviosité dans la région située au nord de l'émergence. On constate que d'une façon générale, la pluviosité exerce son influence sur le débit avec un retard moyen de neuf mois. Cette valeur moyenne ne correspond évidemment pas au temps de transit souterrain de l'eau dans l'aquifère, puisque l'on sait que d'après sa teneur en tritium, l'eau de Baden emploie au moins 28 ans pour arriver de la zone de recharge à l'émergence. Il est vraisemblable que ce retard moyen de neuf mois soit dû à l'effet de la propagation de la pression hydraulique qui intervient dans l'aquifère.

De nombreuses hypothèses ont été émises sur l'origine des eaux de Baden. D'après des travaux récents, la zone de recharge des sources thermales se situerait au nord de Baden sur le flanc sud de la Forêt-Noire (VUATAZ 1982). Les résultats de notre étude pourraient apporter une preuve supplémentaire à la validité de cette hypothèse. Mise à part la corrélation déjà mentionnée entre la pluviosité et le débit, nous avons constaté qu'un tremblement de terre qui a eu lieu en 1901 dans la Forêt-Noire a eu, pendant plusieurs années, une influence marquée et directe sur le débit des sources de Baden, et par conséquent sur son aquifère.

Malgré le soin apporté à l'analyse numérique des données disponibles et à son interprétation, les résultats exposés restent encore d'une nature qualitative. En effet, il est encore nécessaire de saisir la signification précise de quelques anomalies apparemment mineures dans l'interaction entre la pluviosité et le débit. En outre, la détermination de l'âge absolu de l'eau de Baden, qui fait en ce moment l'objet d'études intéressantes, n'est pas du tout connue. Certainement la connaissance de ce paramètre fondamental sera d'une très grande utilité pour une meilleure compréhension hydrogéologique et hydraulique de l'aquifère de Baden. Enfin nos recherches en cours s'orientent vers l'étude des relations temporelles de la sismicité régionale avec le débit des sources de Baden.

Il nous semble encore prématuré d'envisager des prévisions quantitatives du débit des sources de Baden en fonction de l'influence des précipitations régionales sur celui-ci. Cependant il est vraisemblable que les résultats des études en cours puissent améliorer la précision de ces prévisions et contribuer ainsi à l'évaluation du potentiel géothermique global de la région de Baden.

Remerciements

Ces remerciements s'adressent aux organismes et aux personnes qui ont contribué à la réussite de cette étude.

L'Office Fédéral de l'énergie qui, sur la recommandation de la Commission fédérale de l'énergie géothermique et le stockage souterrain de la chaleur, a subventionné partiellement ces recherches.

Le Baudepartement du canton d'Argovie, en la personne de Monsieur H. Meier, directeur de la section Wasserbau und Wasserwirtschaft, ainsi que le directeur adjoint, Monsieur A. Windel, qui ont fourni la courbe des mesures du débit total des sources thermales de Baden et qui ont suivi avec intérêt le déroulement de cette étude.

Le Dr S. Letestu, météorologue, Chargé de cours à l'Université de Genève, pour la lecture critique du manuscrit et ses suggestions pertinentes. Le Professeur P. Vuagnat, de la Section des Mathématiques de l'Université de Genève, pour son intérêt dans l'exécution des calculs numériques. Le Dr F.-D. Vuataz, hydrogéologue, du National Los Alamos Laboratory aux Etats-Unis, pour les renseignements hydrogéologiques sur la région de Baden. Mademoiselle A.-M. Provent, de l'Observatoire de Genève, à Sauverny, pour son aide dans la digitalisation de la courbe des mesures du débit total des sources de Baden.

BIBLIOGRAPHIE

Publications

Commission Géologique Suisse (1972): Carte tectonique de la Suisse, 1:500000.

COX, M.G. (1974): A data-fitting package for the non specialist user. In: EVANS D.J. (Ed.): Software for Numerical Mathematics. - Academic Press, London.

DAVIS, J.C. (1973): Statistics and data analysis in Geology. - J. Wiley, New York.

- MÜNZEL, U. (1947): Die Thermen von Baden. Eine balneologische Monographie. – Baden, Selbstverlag des Verfassers.
- VUATAZ, F.-D. (1980): Hydrogéochimie des eaux: mesures et analyses effectuées dans le cadre du projet NEFF (1979-1980). – Rapp. Tech. NEFF 026 (non publié).
- (1982): Hydrogéologie, géochimie et géothermie des eaux thermales de Suisse et des régions alpines limitrophes. – Matér. Géol. Suisse, Hydrol. 29.
- ZORN, A.H. (1981): Etude des variations du débit des sources de Baden et Bad Ragaz. – Rapp. pour la Comm. fédérale pour l'énergie géothermique (non publié).

*Annuaire*s

- Annalen der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt. Herausgegeben von der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, Zürich.
- Deutsches Meteorologisches Jahrbuch. Deutscher Wetterdienst, Zentralanstalt Offenbach am Main.
- Hydrologisches Jahrbuch. Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschafts-Departement. Herausgegeben vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft.

