

NOUVELLES DONNEES SUR L'HYDROGEOLOGIE DES SOURCES DU BREVON (CHABLAIS, HAUTE-SAVOIE, FRANCE)

J. Sesiano*

Résumé : Le massif du Roc d'Enfer est situé dans le Chablais de Haute-Savoie, France. Il appartient géologiquement à la nappe de la Brèche. Il est drainé en partie par le Brévon, appelé aussi Dranse de Bellevaux. Deux grosses sources pérennes sont à l'origine de ce cours d'eau. Leurs paramètres hydrologiques ont été suivis de l'année 2015 à l'année 2018 et des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux effectuées durant cette période. Des traçages ainsi que le contexte géologique local permettent de proposer un modèle pour leurs bassins d'alimentation et un périmètre de protection au cas où ces sources viendraient à être captées. Elles ne nécessiteraient en effet qu'un simple traitement préventif de base.

Mots clés : hydrogéologie, Brévon, nappe de la Brèche, Chablais, Haute-Savoie, France

Abstract : The Roc d'Enfer massive is located in the Chablais, a region belonging to the Haute-Savoie department, France. It belongs to the nappe de la Brèche. It is drained by the Brévon, or Dranse de Bellevaux. Two important and perennial springs feed that river. Their hydrological parameters were monitored from 2015 to 2018 and physicochemical and bacteriological analysis conducted during that period. The geological setting coupled with dye tracing experiments gave us enough information to propose feeding drainage basins and, in the case of a future captation, a protection perimeter. Only a very basic treatment would be necessary if they would be used for drinking water.

Keywords: hydrogeology, Brévon, nappe de la Brèche, Chablais, Haute-Savoie, France

* Jean Sesiano, Sciences de la Terre, Université de Genève, 13 rue des Maraîchers, CH-1205 Genève, Suisse, jean.sesiano@unige.ch

§ 1 Introduction

A l'heure où les réserves en eau et les approvisionnements des agglomérations semblent de plus en plus menacés par des changements climatiques, à l'œuvre depuis des centaines de milliers d'années, mais qui sont passés aujourd'hui d'une échelle de temps de plusieurs dizaines de millénaires au siècle voire à quelques décennies, il est urgent de recenser nos ressources d'eau. Non seulement, si c'est possible, de les quantifier, mais aussi d'estimer leur qualité et, corollaire, leur vulnérabilité à toute forme de pollution afin, dans la mesure du possible, de les « mettre en réserve » pour un futur usage, futur qui pourrait devenir très proche...

C'est dans cette optique qu'il m'a semblé utile de s'intéresser aux deux sources à l'origine du Brévon, appelé aussi Dranse de Bellevaux, les autres apports de la partie supérieure de son bassin versant étant en comparaison plus faibles et surtout plus inconstants. Assez équivalentes du point de vue de leurs débits, ces 2 sources ont pourtant un comportement hydrologique très différent, et c'est le but de ce travail de trouver pourquoi.

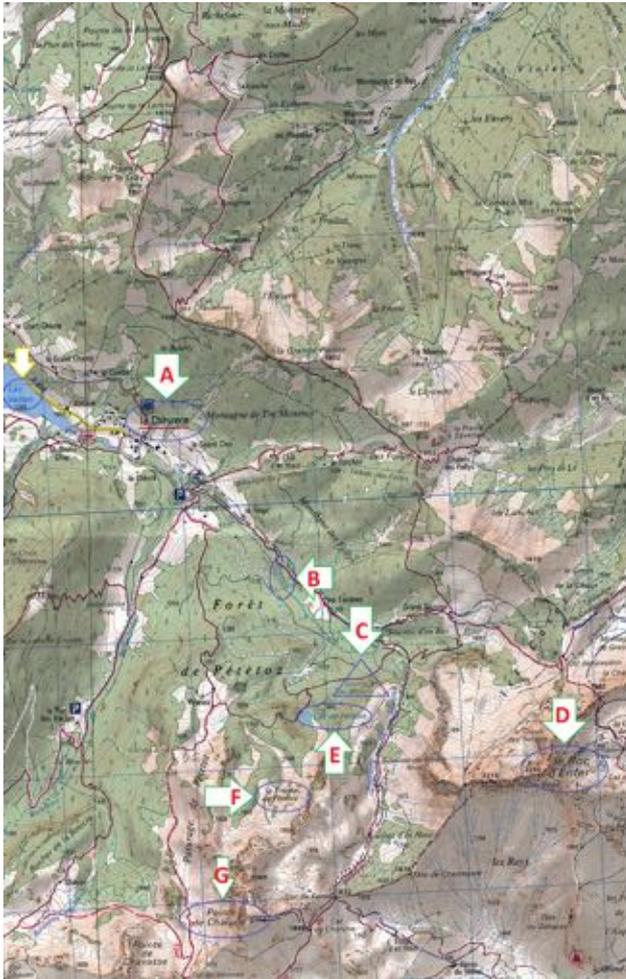
Cependant, tout travail qui s'intéresse à l'hydrogéologie d'une région doit tenir compte du contexte météorologique durant lequel il se déroule. En ce sens, les conditions météorologiques des trois années couvertes par cette étude n'ont montré qu'une suite de records, enchaînant conditions extrêmes tant du point de vue des températures que de celui des précipitations. L'ensoleillement a été lui aussi remarquable, mais comme il affecte bien moins mes mesures, je n'y ai pas porté attention. Pourtant, ces situations exceptionnelles risquent de le devenir de moins en moins à l'avenir, si l'on en croit les modèles proposés quant à l'évolution climatique du XXI^e siècle. Le contexte météorologique des 3 années de l'étude est donné à l'**annexe V**.

§ 2 Cadres géographique et géologique de la zone étudiée

La région que je vais décrire est portée en partie sur la carte au 1/25'000 Morzine 3528 ET, ou en totalité sur la carte IGN au 1/25'000 Taninges 3529 OT, et l'étude se déroule sur la commune de Bellevaux.

Le Brévon prend sa source dans le massif du Roc d'Enfer, dans les Préalpes du Chablais, en Haute-Savoie (voir **carte 1**).

Carte 1



La zone étudiée avec :

A : le hameau de la Chèvrerie (alt. : 1110 m). A gauche, le lac de Vallon.

B : la rivière Brévon

C : les 2 sources du Brévon, S1 et S2

D : le Roc d'Enfer (alt. 2243 m)

E : le lac de Pététoz (alt. 1435 m)

F : la Friche de Pététoz (env. 1548 m)

G : la Pointe de Chalune (alt. 2116 m)

Le quadrillage bleu est kilométrique.

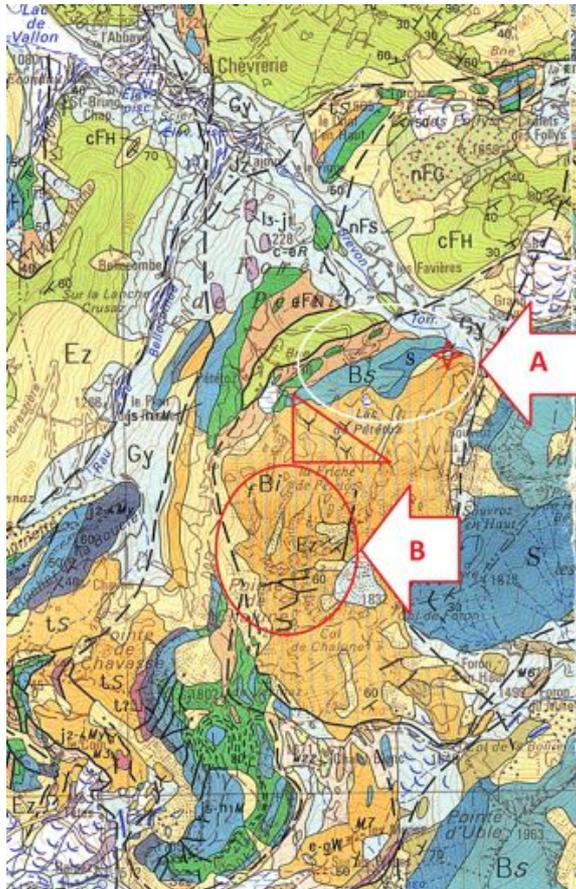
Cette rivière, appelée aussi Dranse de Bellevaux, du nom du chef-lieu de la commune qui lui a donné naissance, rejoint au bout d'une vingtaine de km la Dranse de Morzine qui, avec celle d'Abondance, ira se jeter par un large delta dans le Léman à Thonon. Le Roc d'Enfer (2243 m) est le point culminant de la région considérée. Du point de vue géologique, cette région du Chablais présente un empilement complexe de nappes d'origine interne. Le matériel détritique, souvent grossier, s'est déposé sur un « talus

prépiémontais » en bordure d'un bassin faillé en distension-décrochement (Charollais *et al.*, 1990). Cet ensemble allochtone a de plus été charrié sur la zone externe delphino-helvétique. Parmi ces nappes, c'est celle de la Brèche qui va nous occuper.

La nappe de la Brèche appartient au Pennique moyen. Rappelons que le Pennique représentait la bordure sud du continent européen, dont les roches du socle et de la couverture ont été fortement métamorphosées lors de la collision entre les plaques africaine et eurasiatique, ayant engendré les Alpes. Recouvrant quelque 300 km², la nappe de la Brèche se présente comme une vaste synforme, cuvette centrée sur le col des Gets et limitée au NW par une voûte anticlinale, le « pli frontal ». Dans cette direction, elle chevauche une zone de transition formée d'un complexe chaotique qui la sépare de la nappe des Préalpes médianes, appelées ici historiquement rigides. La nappe de la Brèche est caractérisée par des épisodes répétitifs bréchiques, souvent grossiers, s'étageant du Trias supérieur à l'Eocène inférieur (Plancherel *et al.*, 1998). On y observe des variations verticales dans les apports détritiques, d'où la subdivision en Schistes inférieurs (Lias moyen), Brèche inférieure (Lias supérieur-Dogger), Schistes ardoisiers (Oxfordien) et Brèche supérieure (Malm). Mais on a aussi des variations latérales avec des faciès grossiers voire chaotiques au front de la nappe, et des faciès plus fins à l'arrière, avec des séquences de turbidites.

Dans la zone étudiée, la géologie, donnée à la **carte 2**, nous montre des calcaires et des dolomies à éléments anguleux du Trias pour la Brèche inférieure frontale, puis des schistes ardoisiers qui sont plutôt des schistes argileux ou siliceux (radiolarites) sombres, rouges ou verts, avec des passées calcaires ou bréchiques, d'âge callovo-oxfordien. La Brèche supérieure, d'âge kimméridgien à néocomien, présente d'abord des éléments de tailles variables puis, vers le haut, des calcaires fins à Calpionelles et des microbrèches (Charollais *et al.*, *loc. cit.*). Sa partie sommitale vient se fondre dans le complexe chaotique mentionné plus haut (schistes glauconieux, quartzite du Crétacé moyen et Couches rouges du Crétacé supérieur) et les Flyschs à Helminthoïdes de la nappe de la Simme (Plancherel *et al.*, *loc. cit.*). Cette transition est encore mal connue. Du point de vue structural, relevons que la partie frontale de la nappe de la Brèche présente une forte descente axiale en direction du NE, bien visible dans le paysage (Gagnebin, 1940).

Carte 2



Les unités géologiques de la zone d'étude avec :

fBi : brèche inférieure de faciès frontal

Bs : brèche supérieure

S : schistes ardoisiers

cFH : flysch

Ez : éboulis

eFN: mélange coiffant les Médiannes

Gy : glaciaire

c-eR : Crétacé – Eocène

ts : Trias supérieur

A : secteur des sources S1 et S2

B : secteur de la Pointe de Chalune

Entre A et B (triangle), la Friche de Pététoz.

Source : carte géologique 1/50'000 Samoëns – Pas-de-Morgins, BRGM.

a) Hydrologie de la partie supérieure du bassin versant du Brévon : S1 et S2

La vallée du Brévon en amont du lac de Vallon présente une hydrologie assez particulière. Ce relief, dont les altitudes s'étagent entre 1000 et plus de 2000 m, ne donne naissance qu'à quelques ruisseaux en général chétifs. Ceci est en partie dû au fait qu'une partie des eaux tombant sur la région, environ $\frac{1}{4}$ d'après Haubert (1975), s'écoule souterrainement vers la Dranse de Morzine (source du Pont de Gys, par ex.). De la partie limitée par le versant ouest du Roc d'Enfer, se poursuivant par la longue crête du col du Foron à la Pointe de Chalune, ne descend qu'un maigre cours d'eau, le ruisseau de Souvroz. Plus à l'est, des pentes nord du Roc d'Enfer au col du Folly (1652 m) et à la Grande Pointe (1802 m), ce n'est guère plus brillant, même si de nombreuses sources à faible débit sourdent de la couverture morainique ici ou là. Au SW, le ruisseau de la Combe de Pététoz ne présente pas un gros débit. Mais il est clair qu'après un gros épisode pluvieux ou à la fonte des neiges, ces cours d'eau présentent un autre visage. En fait, ce sont surtout les formations glaciaires quaternaires et les flyschs de la nappe de la Simme qui constituent les réserves d'eau, mais elles ne sont pas très importantes ; elles ont pourtant suffi à passer la sécheresse de 2015 sans trop de problèmes.

Tous ces cours d'eau sont à l'origine du Brévon qui, après un cours de moins de 2 km, se jette dans le lac de Vallon. C'est ce plan d'eau qui nourrit en hiver les canons à neige de la station de ski de la Chèvrerie. Or, le Brévon, cours d'eau pérenne, doit donc certainement être alimenté par des sources dignes de ce nom. Il l'est en effet par deux émergences, placées en C à la **carte 1**, et ce sont elles qui soutiennent le débit d'étiage du cours d'eau. Je vais décrire plus en détail ces deux sources, auxquelles j'ai rendu de très nombreuses visites en y procédant chaque fois à diverses opérations (**Annexe I**). La première, à l'altitude de 1370 m, appelée la source du Brévon, *stricto sensu*, et **S1** plus loin dans notre travail, jaillit à la faveur d'une faille oblique balafrant une paroi formée de Brèche inférieure de faciès frontal (**carte 2**). Ci-dessous, des vues de S1 à divers moments de l'année. Ses coordonnées Lambert II étendu sont 928.450/2141.740/1370m (coord. UTM-WGS84 5118.610/314.350/1370) en utilisant dans les deux cas la carte IGN 3528 ET Morzine au 1/25'000. Son débit est très variable, comme le montrent les photos ci-dessous, passant d'environ 300 l/s lors d'épisodes très pluvieux (par exemple les 29 et 30 mai 2016) à un étiage très sévère mais exceptionnel de moins de 0.5 l/s (par exemple le 13.10.2016).



30.5.14



9.11.15



30.5.16



27.5.17

Sa température oscille autour de 5°C, à quelques dixièmes près. Les nombreuses mesures effectuées durant ce travail sont rassemblées dans l'**annexe II**. A noter qu'elles débutent et se terminent lorsque le site est accessible, soit entre mai et novembre, normalement.

Grâce à l'appui du laboratoire de chimie de l'INRA à Corzent, Thonon, et de son responsable, Monsieur J.-M. Dorioz, j'ai pu obtenir deux analyses chimiques des eaux de S1, mais également de S2. Elles sont données à l'**annexe III**.

On constate que le pH et la conductivité κ , cette dernière reflétant la minéralisation de l'eau, sont en accord avec une eau de source issue de roches carbonatées. On remarque que les mesures de terrain de κ montrent un minimum à la fonte des neiges avec un effet de dilution des eaux qui s'étaient minéralisées dans le karst durant l'été hivernal. En ce qui concerne l'ammoniac, les nitrates et les nitrites ainsi que le carbone, un environnement avec de la végétation et du bétail explique les valeurs mesurées. La quantité de phosphore est faible, attestant d'une absence d'épandage d'engrais. Elle est sans doute due à la présence d'apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$, sous forme amorphe cryptocristalline de phosphorite dans ces roches sédimentaires. Quant aux valeurs plus fortes du calcium et du magnésium, il faut y voir la signature de la dolomite $(\text{Ca}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$ et, pour les sulfates, dont la valeur pour S1 est forte, la présence de gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en profondeur. Ce minéral est en effet présent dans le Trias. Relevons quand même que ces chiffres sont très éloignés des valeurs relevées par Haubert (1975) pour les sources du Trias, soit 1320 mg/L. Les valeurs observées pour le sodium, le potassium et les chlorures témoignent d'un environnement qui n'est pas touché par le salage hivernal des routes. Et ce n'est pas la pose d'un bloc destiné au bétail qui va changer la donne. Elles ne traduisent dans tous les cas pas la présence d'évaporites. Enfin, la silice provient probablement des grès qui souvent accompagnent la trilogie du Trias évaporites-gypse-grès.

En comparant ces valeurs avec celles préconisées par la réglementation française en vigueur à la réalisation de ce travail (consulter le site http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/2955), on remarque qu'elles se situent toutes en-dessous voire très en-dessous des valeurs données. Cependant, il faudrait augmenter le nombre d'analyses et faire les prélèvements à divers moments de l'année pour pouvoir confirmer leur potabilité.

Une analyse bactériologique, effectuée par le laboratoire LAEPS à Bonneville, sur un échantillon prélevé à S1 le 26.5.2015, a montré une eau parfaitement potable (**annexe IV**). Il est clair qu'une seule analyse, même très positive, n'est pas représentative, surtout qu'elle a été faite en fin de période hivernale, avant la montée du bétail à l'alpage. C'est pourquoi une seconde analyse a été faite le 9 novembre 2015, après le départ des bêtes ; les résultats sont équivalents. Mais il en faudrait plusieurs durant une même année hydrologique. A titre de comparaison, j'en ai encore quelques-unes pour les années suivantes, avec des prélèvements à S1, mais aussi à S2, la seconde source à l'origine du Brévon, dont je vais parler plus bas.

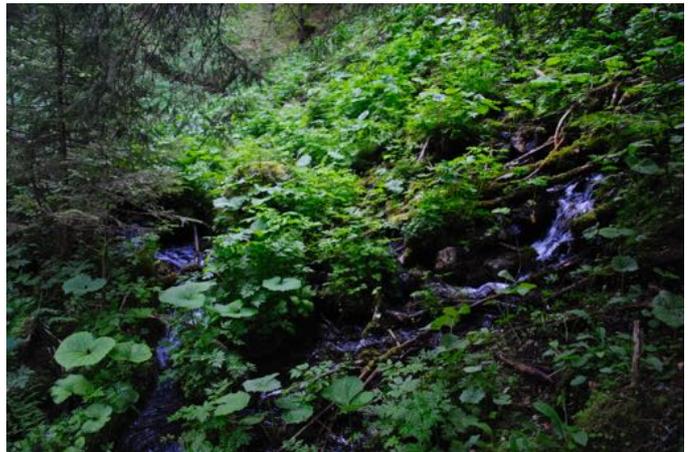
Notons au sujet de la physicochimie que M. Haubert (*loc. cit.*) a consacré sa thèse à l'étude complète du bassin versant du Brévon. Il y a effectué de très nombreux

prélèvements tout au long du cours d'eau. Malheureusement, en ce qui concerne les sources du Brévon, il n'y a qu'une seule analyse qu'il est difficile de localiser car les points d'échantillonnage sont placés d'une manière imprécise sur sa carte de situation. Néanmoins, on pourrait penser qu'il y a eu un prélèvement fait à S1, mais ses valeurs sont si éloignées des nôtres que l'on peut en douter : par exemple 30,5 mg/L de sulfates pour ma valeur, alors qu'il en mesure moins de 5 mg/L. On peut comprendre à la décharge de Haubert qu'il ait quelque peu négligé le tout début du cours du Brévon.

Une seconde source, en C sur la **carte 1**, et notée **S2** plus loin, apparaît à l'altitude de 1290 m, en rive gauche de ce qui est maintenant le Brévon, une dizaine de mètres à côté de l'eau provenant de S1, par plusieurs griffons se rejoignant au bout de quelques mètres, au milieu d'un éboulis recouvert de mousses et de buissons, en pleine forêt, comme on le voit sur les photos qui suivent. Ses coordonnées Lambert II étendu sont 928.200/2141.930/1290m (coord. UTM-WGS84 5118.230/314.120/1290). Par opposition à la source précédente S1, son débit est bien plus régulier, une vingtaine de L/s, comme me l'ont montré les circonstances exceptionnelles de la première partie de l'année 2015, puis les années suivantes. Sa température est d'environ 5°C, oscillant de quelques dixièmes durant la période d'observation (voir **annexe II**). Mais, elle est normalement un peu plus élevée que celle de la source S1, attestant probablement d'un bassin d'alimentation d'altitude un peu plus basse, mais aussi d'une émergence à altitude plus basse que S1. C'est ce que nous verrons plus bas.



Source S2, 5.2.16



Source S2, 27.5.17



30.5.16



30.8.17

Deux vues de la confluence entre le ruisseau de Souvroz, à gauche, et le Brévon, à droite, issu lui-même de la jonction entre S1 et S2.

Plusieurs analyses bactériologiques ont été faites à S2 à différents moments de l'année durant la période d'études. Données à l'**annexe IV**, elles ne sont pas toujours très bonnes, et j'en donnerai la raison plus bas.

A nouveau, il me semble que Haubert n'a pas testé cette source en ce qui concerne la physico-chimie, bien que les différences avec mes mesures soient moins marquées que pour S1. Par exemple, toujours pour les sulfates, il a trouvé une valeur inférieure à 5 mg/L alors que j'ai 8.4 mg/L. Mentionnons encore que Haubert a classé les sources qu'il a inventoriées en sources issues des schistes de la nappe de la Brèche (Haubert, 1975 ; p. 264), en sources des Flyschs (*ibid.* p. 265) et en sources d'éboulis (*ibid.* p. 271). Mes mesures ne conviennent à aucune de ces cases. Cela peut être expliqué par le fait que l'eau de ces deux sources sourd de la roche brèche, constituant principal de la nappe éponyme, qui n'affleure ailleurs dans le bassin versant qu'à l'endroit étudié dans ce travail. Je vais tenter d'expliquer les comportements si différents de S1 et S2.

§ 3 Hydrogéologie des sources du Brévon

i) Outils et méthode en hydrogéologie

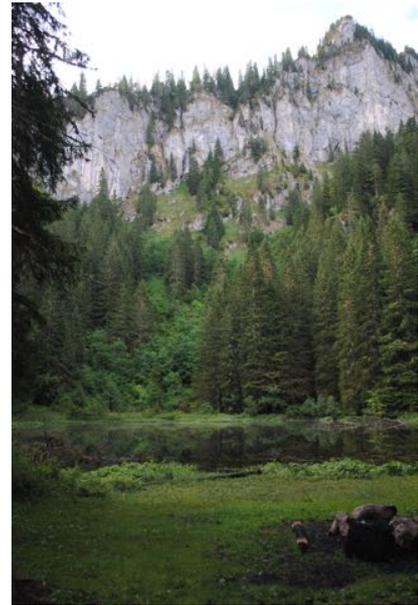
Je pense qu'il est utile de présenter les outils à disposition pour étudier les eaux souterraines. Ce seront d'abord des colorants puissants et stables, mais inoffensifs pour l'environnement, qui seront déversés dans des pertes, c'est-à-dire l'endroit où le ruisseau étudié s'engouffre sous terre : c'est un traçage. On peut relever qu'il doit être effectué au minimum par deux personnes, ceci afin d'éviter toute contamination entre celui qui a versé le colorant et celui qui pose les fluocapteurs, décrits ci-dessous. Le traceur le plus utilisé est la fluorescéine qui colore l'eau en vert-jaune fluorescent. Les sources suspectées d'être les points de réapparition du colorant peuvent faire l'objet de prélèvements d'eau à intervalles réguliers. Mais on peut aussi y déposer des fluocapteurs, qui sont des sachets de nylon à mailles fines contenant du charbon actif. Ce dernier va fixer le colorant lors de son passage, mais aussi des acides organiques ou le tanin, souvent présents dans les eaux courantes, ce qui peut causer des incertitudes dans l'interprétation. A la fin de l'expérience, ces fluocapteurs, trempés durant quelques minutes dans une solution d'éthanol contenant 10 % d'ammoniaque, régurgiteront le

colorant fixé. Cela permettra d'affirmer une liaison entre une source et l'endroit de disparition d'un cours d'eau, donc de trouver l'origine de l'eau émergeant à cette source. Si l'on en a la possibilité, on peut utiliser un fluorimètre de terrain qui mesurera en continu la fluorescence de l'eau qui le traverse, nous donnant ainsi une courbe de réponse d'où l'on peut tirer de précieuses informations.

ii) Traçages anciens

Lors d'une étude sur la physico-chimie de tous les plans d'eau du département de la Haute-Savoie (Sesiano, 1993), j'avais examiné dans ce secteur un lac sans émissaire aérien, le lac de Pététoz, que l'on voit sur la photo qui suit.

Le lac de Pététoz au pied d'une paroi de la Brèche inférieure.



Situé à l'altitude de 1435 m, et 550 m à l'WSW de la source S1 du Brévon, ce plan d'eau est niché au fond d'une cuvette due au surcreusement du glacier issu des pentes nord de la Pointe de Chalune ; en effet, on observe droit au-dessus du lac une paroi d'une cinquantaine de mètres de hauteur. Comme on se trouve ici à l'interface entre les Schistes ardoisiers et la Brèche inférieure, le creusement a été facilité. Mais la composante karstique ne peut pas être ignorée dans ces calcaires dolomitiques. Le lac est retenu par un seuil de quelques mètres de hauteur formé par la Brèche supérieure, formant plus bas un nouveau ressaut (Gagnebin, *loc. cit.*). L'eau disparaît au bout de quelques mètres parmi les blocs d'un éboulis sur la rive SW du lac, avec un débit moyen assez stable d'environ 2 L/s. A l'époque, j'avais pensé que la résurgence se faisait à la source S1 du Brévon, vu sa proximité. Un traçage à la fluorescéine eut lieu le 16.6.1983. La résurgence n'indiqua rien du tout, mais les fluocapteurs placés une centaine de mètres plus bas, dans le lit du Brévon furent positifs au traceur. L'opération fut répétée le 7.7.1988 avec un kilo du même traceur, ce qui permit de mieux cerner le temps de transit. Un ultime traçage eut lieu le 6.9.1988 et il indiqua comme émergence la seconde source du Brévon, la source S2 mentionnée plus haut, avec un temps de passage inférieur à 24 h.

iii) Traçages dans le cadre de cette étude

1) Traçage à la grotte de la Tassonnière du 24 mai 2015

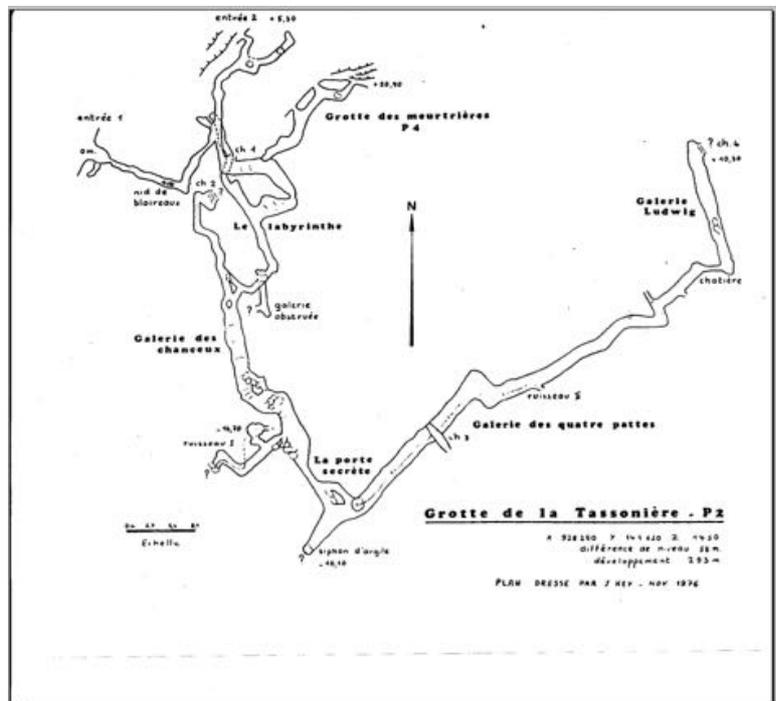
Tournons-nous maintenant vers l'autre source, la source du Brévon *stricto sensu*, soit S1. 250 m au SW de cette résurgence et 60m plus haut, à l'altitude de 1460 m, s'ouvre au pied d'une paroi une cavité, à l'entrée exiguë, la grotte de la Tassonnière (fig. 1), dont les coordonnées Lambert II étendu sont 928.275/2141.590/1460m (coord. UTM-WGS84 5118.480/314.170/1460 ou en latitude/longitude WGS 84 : 46.19451°N ; 006.59161°E).

Fig. 1 : Entrée de la grotte de la Tassonnière.
Le sac orange pour l'appareil de photo donne l'échelle.



Son plan est donné à la fig. 2. Il n'a pas été actualisé, car il semblerait que de nouvelles galeries y aient été découvertes récemment.

Fig.2 : Le plan de la grotte de la Tassonnière.



Sa découverte en 1976 par J. Rey, est relatée par J.-J. Pittard (1977). Elle a été fréquentée par des blaireaux, tassons en Savoie, d'où son nom. On y relève la présence de 2 petits ruisseaux. C'est pourquoi, à ma demande, un traçage avec un demi-kilo de fluorescéine est effectué par la section de Genève de la Société suisse de spéléologie (SSG) le 24.5.2015. Un peu moins de 4 heures plus tard, la source S1 du Brévon est colorée et le fluorimètre indique l'apparition du traceur (fig.3 et 4), avec un pic à 72 ppb une heure plus tard (fig. 5).

Fig. 3 : La source S1 teintée par la fluorescéine



Fig. 4 : La sonde du fluorimètre immergée dans un bassin, sous la source S1

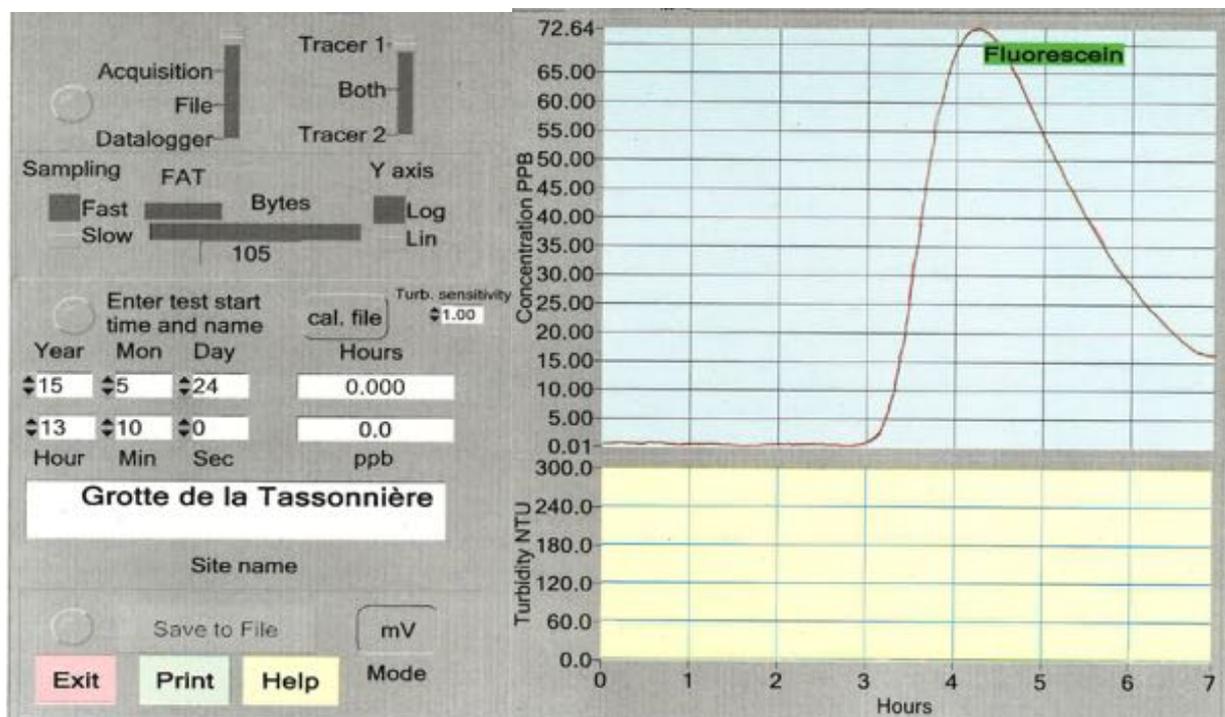


Fig. 5 : La courbe de réponse du fluorimètre après le traçage à la grotte de la Tassonnière avec, en abscisses : les heures ; en ordonnées, la concentration de la fluorescéine en ppb (=partie par milliard). La turbidité (en bas) n'a pas été enregistrée.

L'instrument ayant été déconnecté trop tôt, le taux de restitution n'a pu être qu'estimé. Il s'élève à une dizaine de %, ce qui traduit aussi les conditions peu favorables du traçage : un filet d'eau, moins de 1 dl/s dispersé sur des dalles, avec des pertes sur la roche et l'argile. La température de l'eau (4°C) circulant dans la grotte était, certes, plus en accord avec celle de la résurgence (4.8°C), mais le débit de cette dernière, quelque 30 L/s, sans commune mesure avec celui de la grotte. A nouveau il faut chercher un bassin versant conséquent en amont.

2) Traçage au lac de Pététoz du 8 juin 2015

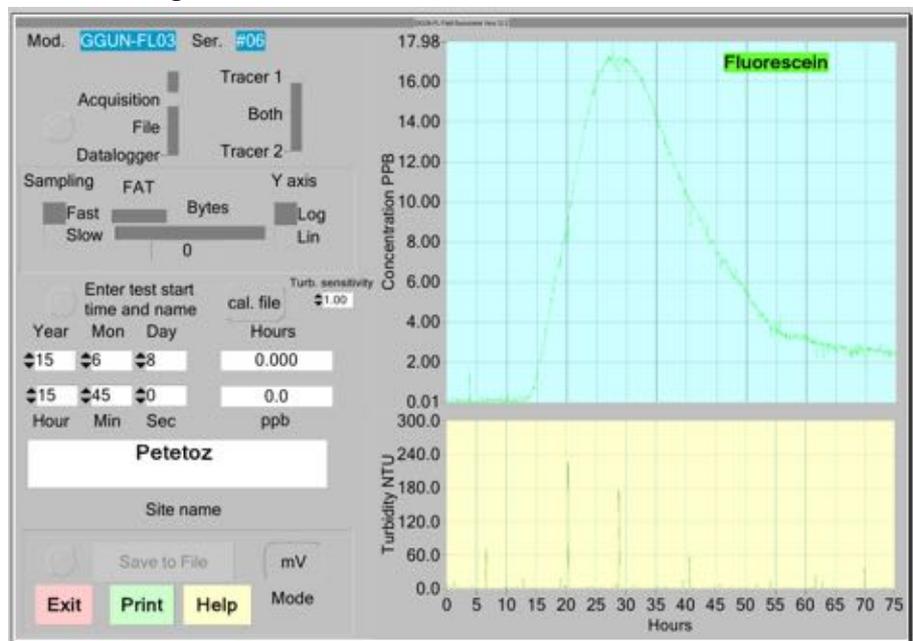
Afin de préciser les temps de traçages obtenus antérieurement, j'ai utilisé un fluorimètre développé par M. P.-A. Schnegg de l'université de Neuchâtel acquis il y a une vingtaine d'années. Il mesure et enregistre en continu la concentration du traceur dans l'eau. L'opération de traçage fut répétée le 8.6.2015 (soit 27 ans plus tard !) avec l'injection de 0.1kg de fluorescéine à l'extrémité du court canal qui dirige l'eau du lac dans la perte. Celle-ci est encombrée de bois flottants apportés par le courant (fig. 6).

Fig. 6 : Traçage au lac de Pététoz le 8 juin 2015



Le traceur fut détecté 13 h plus tard à S2, avec un pic à 17 ppb 27 h après l'injection, comme on peut le constater à la fig. 7.

Fig. 7 : Courbe de réponse du fluorimètre après le traçage au lac de Pététoz.



L'appareil, enlevé 3 jours plus tard, permet d'estimer le taux de restitution du traceur à 70 %. Aucun autre fluocapteur placé ailleurs n'enregistra quoi que ce soit. Cependant, lors de ces divers traçages, nous nous rendîmes vite compte que ni les débits à la perte et à la résurgence, environ 2 L/s contre une vingtaine de L/s à S2, ni les températures – de 12 à 15°C contre 5.2°C – ne correspondaient. Il y avait donc un bassin d'alimentation bien plus vaste ailleurs.

3) Traçage du 14 octobre 2015 à la Friche de Pététoz

L'été 2015 nous vit parcourir la région en amont du lac de Pététoz, appelée Friche de Pététoz (**carte 1**). Peu au-dessus du lac, en haut de la paroi dominant ce dernier, ce secteur, à l'altitude de 1550m environ, est accidenté par 2 dépressions dont les origines sont similaires à celles du lac de Pététoz : la plus en amont se situe au bas des pentes assez redressées qui dévalent du flanc nord de la Pointe de Chalune (2116 m). Ses coordonnées Lambert II étendu sont 927.775/2141.100/1548 m, altitude du point bas de la cuvette. Elle est fermée par un verrou de quelques mètres de hauteur. Son fond, une zone humide à la végétation caractéristique, est colmaté par des anciens matériaux morainiques lessivés ainsi que par des blocs éboulés des parois le dominant à l'est, mais également par des matériaux plus fins issus des pentes moins raides du versant ouest (fig. 8). Un ruisseau pérenne sourd au pied des éboulis. Son débit est variable, une fraction de décilitre le 14 octobre 2015, mais environ 0.3 L/s le 27 mai 2017, alors que la neige avait pratiquement quitté le secteur.



13.7.15



9.5.17

Fig. 8 : La Friche de Pététoz, vue des pentes nord de la Pointe de Chalune (à g.) et depuis son point bas, en direction de la Pointe de Chalune, perdue dans le brouillard.

La dépression aval, en-dessous d'un petit verrou la séparant de la précédente, est plus herbeuse. Son fond est également très humide. Gagnebin (*loc.cit.*) y mentionne la présence possible d'une mare temporaire, mais nous ne l'avons jamais vue « en eau ». Malgré des conditions de traçage défavorables (absence de perte, fond argileux et couvert de végétation), mais profitant d'un automne particulièrement clément, nous

tentons un traçage le 14 octobre 2015 dans le fond de la grande doline de la Friche de Pététoz. Sans grand espoir, car c'est un filet d'eau pérenne d'environ 1.5 L/min. qui vient se perdre sur le fond argileux et couvert d'une végétation typique d'un fond de cuvette colmaté.

Fig. 9 : Traçage du 14 octobre 2015 à la Friche de Pététoz. Le ruisselet coule vers le rocher.



Aucune perte n'avait pu être localisée, bien que de l'eau s'y accumule lors de précipitations abondantes. 150 gr. de fluorescéine diluée y furent déversés (fig. 9).

A notre grande satisfaction, les fluocapteurs de charbon actif placés à S1 et à S2, relevés et changés le 30 octobre, montrèrent tous, d'une manière certaine, grâce au spectrofluorimètre Perkins-Elmer de l'université de Neuchâtel (appareil de laboratoire, inamovible), le passage du colorant. Il n'y avait eu pratiquement aucune précipitation entre temps. Ceux, placés le 30 octobre puis relevés le 7.11.2015 (fin de l'expérience), analysés de la même manière, montrèrent encore faiblement du traceur, indubitable à S1, mais moins clairement à S2. Que le colorant soit encore bien visible 24 jours après l'injection témoigne d'une infiltration lente, compréhensible dans un tel environnement. Inattendue était pourtant la présence du traceur aux deux sources !

4) Second traçage à la Friche de Pététoz (7 juin 2016)

Un second traçage était prévu à la Friche de Pététoz le 30 mai 2016 pour profiter des hautes eaux, donc de conditions hydrologiques différentes, mais des pluies chaudes sur la neige firent de ce jour une crue remarquable. En effet, c'est la seule fois durant notre étude que nous avons vu la source S1 émerger à sa sortie supérieure, dans la falaise (fig. 10).

Fig. 10 : La source S1 lors de la très forte crue du 30 mai 2016. L'eau émerge alors d'une sortie supérieure, l'exutoire normal au pied de la paroi ne pouvant évacuer tout le débit.



Le réseau souterrain était donc saturé et c'est le trop-plein de crue qui fonctionnait. De plus, en arrivant à la Friche de Pététoz, c'est un lac qui nous attendait dans la cuvette. Ses dimensions étaient de 30 m sur 20 m avec une profondeur de 0.4 m au maximum ; on le voit à la fig. 11.

Fig. 11 : Le 30 mai 2016, à la suite de fortes pluies sur le manteau neigeux, un lac temporaire occupe la Friche de Pététoz (à comparer avec la fig. 8, à droite)



Il était donc hors de question de faire le traçage, la zone de perte étant du reste sous l'eau. L'opération fut donc reportée d'une semaine. Le 7 juin, le lac ayant presque disparu, S1 et S2 ayant eu le temps d'évacuer les 120 m³ environ du lac, nous injectons 0.1 kg de fluorescéine diluée dans un ruisseau au débit de 0.5 L/s qui allait se perdre au pied d'un bloc de rocher surmonté d'un sapin (fig. 12).



Fig. 12 : Traçage du 7 juin 2016 à la Friche de Pététoz.

Un fluocapteur avait été placé à S1 et deux à S2. Ils furent changés le 13 juin, puis enlevés le 23 juin, à la fin de l'expérience. Les prélèvements, analysés à l'université de Neuchâtel, furent négatifs. Il est probable que la quantité de fluorescéine utilisée a été trop faible dans un environnement alors gorgé d'eau.

5) Traçage au gouffre de la Friche de Pététoz le 18 octobre 2017

Lors d'une reconnaissance à trois dans les pentes dominant la Friche de Pététoz, au pied de la Pointe de Chalune, le 17 juillet 2015, nous avons repéré à la descente une cavité recueillant le ruissellement issu des pentes supérieures (fig. 13). Ses coordonnées Lambert II étendu approximatives sont 927.550/2141.650/1790 m.

C'était le seul point d'absorption entrevu lors de ce déplacement. Il était absolument sec à ce moment. Les pentes à cet endroit, herbeuses et assez raides, ne se prêtent guère à une visite en période pluvieuse, lorsque la perte est active, ni à la fonte des neiges, lorsqu'elle est masquée. J'ai donc tenté un traçage *in absentia*, c'est-à-dire en déposant le traceur à l'entrée de la perte, en espérant l'arrivée de précipitation. 50 g de fluorescéine en poudre furent ainsi abandonnés. Un fluocapteur fut placé à S1 et deux à S2.

Fig. 13 : Le gouffre dans les pentes nord de la Pointe de Chalune, au-dessus de la Friche de Pététoz.

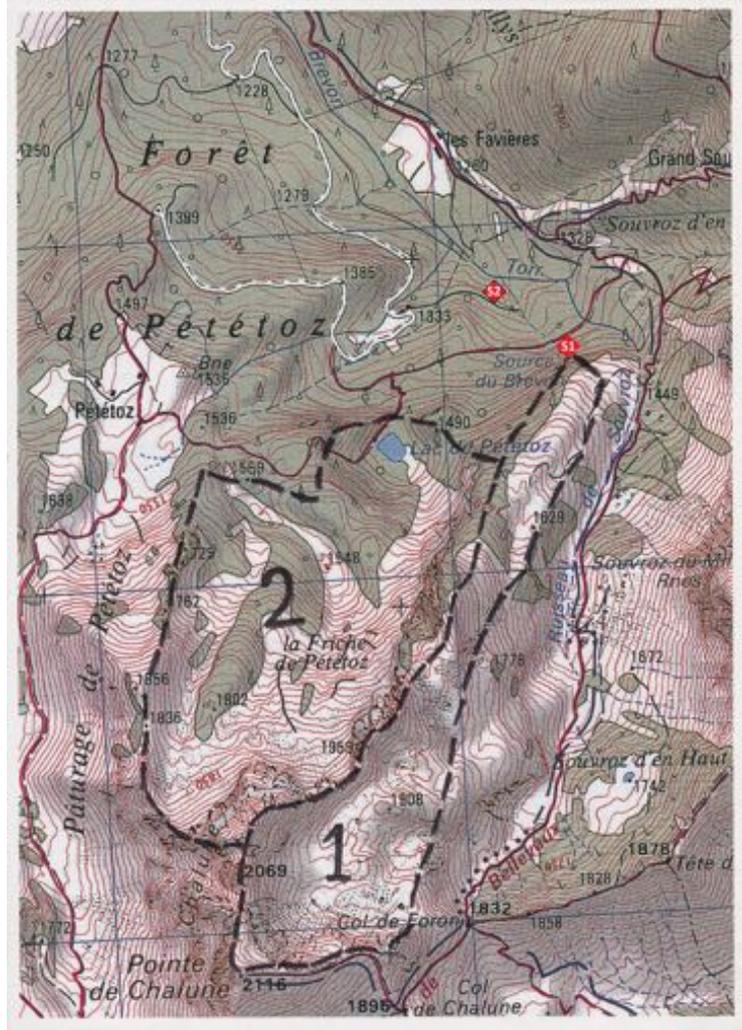


Quelques jours plus tard, les pluies annoncées arrivèrent, mais elles furent faibles, et ce ne fut guère mieux à la fin du mois, surtout avec l'arrivée de la neige ! On la retrouve au début novembre, avec une forte crue les 11-12 novembre, puis elle tombe en abondance à la fin du mois et en décembre. Ce qui entrava nos mesures, car le site devenait bien moins accessible. L'avant-dernière visite eut lieu le 15 novembre. Elle ne permit de récupérer qu'un seul des fluocapteurs de S2. Malgré la prise de photos lors de leur installation, le second ne put être localisé, la neige recouvrant tout. Enfin, une ultime visite eut lieu le 23 novembre : le capteur placé à S1 put être récupéré. Le traitement des fluocapteurs retrouvés et traités par le spectrofluorimètre de l'Université de Neuchâtel ne montra pas trace du colorant. Une visite des lieux en juin 2018 ne permit pas de récupérer le dernier fluocapteur de S2. Il avait sans doute été emporté par une des nombreuses crues du long et très enneigé hiver.

§ 4 Modèle proposé pour les bassins versants des 2 sources

Pour les deux sources présentées, S1 et S2, leurs bassins d'alimentation vont se situer dans le faciès frontal de la Brèche inférieure, et la topographie des lieux nous les montrera juxtaposés, mais bien délimités.

Carte 3 : les bassins d'alimentation proposés pour les sources S1 et S2, mises en évidence en rouge



Celui de la source S1 du Brévon s.s., portant à la **carte 3**, le No 1, occupe la partie sommitale de l'anticlinal orienté NNE-SSW marquant le front de la nappe de la Brèche, d'axe plongeant fortement vers le NNE pour aller s'envoyer sous les Schistes ardoisiers de cette nappe, en formant un verrou à l'entrée du vallon de Souvroz. Il se présente comme une croupe étroite, de 100 à 200m de largeur, boisée, une sorte de lapiaz forestier. La grotte de la Tassonnière se développe en son sein. Cette croupe est limitée à l'ouest par la paroi au pied de laquelle sourd la résurgence et s'ouvre la grotte de la Tassonnière. C'est cette paroi qui domine le lac de Pététoz et la Friche de Pététoz et qui monte jusqu'au sommet de la Pointe de Chalune. A l'est, elle forme la rive gauche du vallon de Souvroz. Cette configuration s'élargit en direction du sud pour se terminer par le vaste cirque glaciokarstique de la face nord de la Pointe de Chalune, d'une surface d'environ 23 ha. Encombrés de très nombreux blocs de calcaire et de dolomite issus des pentes sus-jacentes, ce karst présente, outre quelques restes morainiques, des buttes et des dépressions herbeuses ou rocheuses, cisillées d'innombrables fractures, et des gouffres plus ou moins obstrués par de la pierraille. Il n'y a pratiquement pas d'arbres.

Aucun drainage organisé ne rejoint la vallée de Souvroz, car on se trouve devant un véritable crible (fig. 14). La surface totale du bassin versant (No 1 à la **carte 3**) est estimée à 42 ha.



Fig. 14 : Photo de gauche : au premier plan, le versant nord de la Pointe de Chalune, vu du sommet éponyme. Au second plan, le vallon du Foron dominé par le Roc d'Enfer. Photo de droite : le vaste cirque glacio-karstique au pied de la Pointe de Chalune.

Nous avons deux documents pour estimer la lame d'eau annuelle s'abattant sur cette région : l'annuaire climatologique de la Haute-Savoie de 1991, et une carte donnant la hauteur des précipitations en Suisse et dans les régions limitrophes, d'Uttinger (1949). Ils sont en accord. Pour le secteur considéré, nous prendrons une valeur de 1.7 à 1.8 m/an, dont un tiers disparaîtra par évapotranspiration. En effet, avec la formule classique de Turc (1954), l'évapotranspiration ou déficit d'écoulement D (en mm) est défini par :

$D = P / (0.9 + P^2/L^2)^{1/2}$ avec $L = 300 + 25T + 0.05T^3$ où P est la hauteur des précipitations en mm et T la température moyenne annuelle en °C .

Appliqué à la région considérée, on trouve environ 35 %. Avec ces valeurs, le module annuel de la source du Brévon sera d'environ 18 L/s.

Par contre, si l'on prend le gradient altitudinal des précipitations défini par Haubert (1975), soit $P(\text{mm}) = 0.518H + 288$, où H est l'altitude en mètres, on obtient des valeurs 25 % plus faible pour la lame d'eau annuelle.

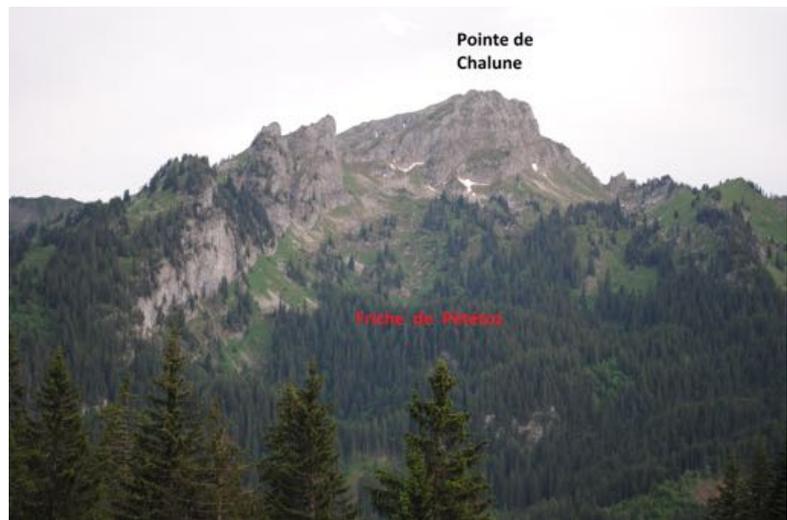
L'écoulement souterrain de l'eau se fait au sein des calcaires dolomitiques du Trias, en suivant des fractures importantes d'orientation NE, et selon la descente axiale de l'anticlinal. L'eau viendra buter sur les Schistes ardoisiers imperméables, affleurant quelques mètres sous la résurgence, et profitera d'une fracture oblique dans les brèches pour revoir le jour. Concernant le régime de la source, il est justifié par le fait que l'on n'a pas d'effet retardateur dû à la végétation. Les infiltrations se font rapidement, et il n'y a pas beaucoup de réserves : le cirque nord de la Pointe de Chalune est largement ouvert vers l'est, en direction du col du Foron, la neige ne peut guère s'y attarder si ce

n'est dans le chaos de blocs recouvrant le fond du cirque. Tout ceci explique un ordre de magnitude de 2 entre les débits d'étiage et de crue.

En amont de ces deux dolines, les pentes se redressent pour atteindre environ 2000 m. On se trouve alors au centre d'un cirque glaciaire, excavé dans la Brèche inférieure, quelque peu défoncé par la gélifraction qui a beau jeu dans ces roches très fissurées. Il n'y a pas trace d'eau. On y observe des contre-pentes, des gouffres encombrés de blocs, des buttes recouvertes d'herbes et des restes de moraines, le tout sans écoulement organisé. La forêt ne commence que plus bas. Ce n'est qu'en redescendant que nous avons localisé dans une pente parcourue par un vague lit de ruisseau une vraie perte pouvant l'absorber complètement lorsque de l'eau est présente. C'est là qu'a été fait le traçage No 5 donné ci-dessus.

La Friche de Pététoz est donc limitée à l'est par une paroi de Brèche inférieure de 40 à 80 m de hauteur, au sud par la pointe de Chalune (fig. 15), et à l'ouest par des pentes douces herbeuses la dominant de 30 à 150m, formées des flyschs noirs et des couches du Mélange coiffant les Préalpes médianes, limitant ainsi le front de la nappe de la Brèche.

Fig. 15 : Les pentes sud de la Friche de Pététoz (8.6.15).



Au nord et au NW, on a les flyschs à Helminthoïdes de la nappe des Dranses. On se trouve ainsi face à un bassin d'alimentation bien délimité, semble-t-il ; il porte le No 2 à la **carte 3**. Assez compact, il forme un rectangle d'une largeur moyenne de 700 m et d'une longueur nord-sud d'environ 1 km. Une estimation plus précise donne une surface totale d'un peu plus de 60 ha (0.6 km²). Son altitude moyenne étant d'environ 1700 m, je prendrai une lame d'eau annuelle de 1.6 m en utilisant les mêmes documents que précédemment, mais avec une valeur un peu plus faible du fait de l'altitude moyenne plus basse. La partie infiltrée peut être estimée à 1.2 m/an (en zone karstique boisée, écoulement et infiltration s'ajoutent, le reste étant le fait de l'évapotranspiration). Avec ces valeurs, le module annuel de la source inférieure du Brévon (S2) atteint 21 L/s. On peut relever qu'une variation de 10 % dans la partie infiltrée ne se traduit que par une variation de 2 L/s dans le module, l'ordre de grandeur est donc bien respecté.

Le trajet souterrain de l'eau se fera au sein des calcaires dolomitiques de la Brèche, selon des fractures méridiennes suivant la descente axiale du pli. L'eau rencontrera l'écran imperméable des flyschs à Helminthoïdes qui la forcera à revoir le jour. Mais il est possible qu'une écaïlle de Crétacé des Préalpes médianes, noyée dans les flyschs, soit associée à cette remontée, car il y a des affleurements à proximité ; les terrains glaciaires étant très mobiles, cela ne favorise pas les observations. Comme le traçage à la Friche de Pététoz a été retrouvé à S1 et à S2, il y a une diffuence de l'écoulement souterrain ; elle dépend des conditions hydrologiques du système (crue ou étiage). Le caractère très régulier du débit de cette source a été mentionné. Il est attribué à l'effet retardateur de la végétation, pentes herbeuses et forêts, et au colmatage par les éléments fins du ruissellement des deux grandes dolines au bas du cirque d'alimentation. De plus, en fin d'hiver, le cirque d'alimentation peut garder assez longtemps de la neige, car il est très abrité. D'où une distribution parcimonieuse et régulière de l'eau infiltrée.

On peut finalement relever que par rapport au débit spécifique dans les Préalpes du Chablais de 30 L/s/km² donné par Haubert (1975), les modules annuels calculés pour nos deux sources sont un peu plus généreux.

§ 5 Bactériologie

Suite à ces divers traçages, les deux bassins d'alimentation proposés sont bien juxtaposés, mais ils ne sont pas étanches. Il semble en effet qu'il y a diffuence de S1 vers S2 lorsque la première est en crue. Ces émergences sont fonctionnelles cependant à plein temps, les entraves à la sortie de S2 étant assez grandes au travers des éboulis, alors que S1 ne tarit pratiquement jamais, même si son débit peut descendre à moins de 1L/s.

Pour nous assurer de la potabilité des sources S1 et S2, des analyses bactériologiques ont été effectuées par le Laboratoire d'Analyses Environnementales des Pays de Savoie (LAEPS) à Bonneville. Les résultats se trouvent à l'**annexe IV**.

Quelques commentaires sur ces mesures. On constate que les coliformes totaux présentent une valeur maximum de 26 UFC/mL. C'est une valeur très raisonnable. Par exemple, au Canada, une eau est potable pour une valeur de 0 à 100 UFC/mL ; elle est acceptable de 100 à 1000 UFC/100 mL. Nous sommes ici très en dessous de ces valeurs. La moyenne annuelle pour les eaux de l'Arve à Genève s'élève à 265 UFC/L (litre et non mL!), avec des pointes à plus de 5000, et pour l'eau brute du Léman, chlorée, au début de son traitement, 0.1 UFC/L (pointes à 10 UFC/L). Par contre, dans les eaux de la nappe du Genevois, pompées de part et d'autre de la frontière, on a une absence complète de coliformes totaux, soit 0 UFC/100mL en tout temps.

En ce qui concerne les E. Coli, ils démontrent une contamination par des germes d'origine fécale, germes se trouvant dans les intestins des animaux à sang chaud, comme les ovins, les bovins, et évidemment l'homme. Alors que la source S1 présente systématiquement des valeurs nulles, ce qui n'est pas trop surprenant au vu du bassin d'alimentation proposé, la source S2 montre des valeurs allant de 0 à 20 UFC/100mL.

D'après la norme française, qui peut être consultée sur le site http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/2955, la valeur à respecter pour des eaux destinées à la consommation humaine est de 0 UFC/100mL. Nous sommes donc

au-dessus de la limite, mais faiblement. Un traitement désinfectant préventif devrait donc être appliqué.

Concernant les entérocoques (fécaux), appelé autrefois streptocoques (fécaux), la valeur maximum tolérée est également de 0 UFC/100mL. On constate à nouveau une valeur nulle et constante pour S1, alors que S2 varie entre 0 et 7 UFC/100 mL. A nouveau, un traitement préventif devrait remédier à ce léger problème.

Finalement, pour les germes revivifiables à 22 ou à 36°C, les valeurs mesurées, entre 0 et 234 UFC/mL, peuvent être considérées comme faibles. En effet, à la source, la valeur doit en principe être inférieure à 100 UFC/mL. Dans le réseau public à Genève, elle doit être plus faible que 300 UFC/mL. En fait, elle est plutôt voisine de quelques germes par mL. On peut relever que dans les bouteilles d'eau plate, des valeurs de plusieurs centaines de milliers par mL sont souvent mesurées... !

Si ces deux sources sont parfois connectées par difffluence lors de crues, il reste à expliquer, comme on le constate dans le tableau, pourquoi les analyses bactériologiques de S1 sont excellentes, alors que celles de S2 sont plus variables. Il semblerait qu'il faille incriminer la nature des bassins versants. Celui qui alimente S1 est absolument libre de tout bétail, alors que S2 voit défiler des bovins sur une (très petite) partie de son bassin versant. Et c'est là que les dates de prélèvements jouent un rôle : à la fin du printemps et en début d'automne. A la première de ces dates, nous sortons de l'hiver à l'altitude de 1500 m. Les E. coli présents sur le fond de la doline de la Friche de Pététoz n'ont pas survécu aux rudes conditions qui s'achèvent et, la couverture neigeuse ayant disparue, les UV solaires se chargent de les achever (com. orale St. Ramseier). S2 est donc potable. Mais 3 mois plus tard, le bétail a débordé de son pâturage, s'est soulagé sur le fond humide de la doline, et les eaux qui s'y perdent ont contaminé S2. Afin de tester cette hypothèse, une analyse bactériologique de S1 a été faite avec un prélèvement effectué le 9 novembre 2015. Très favorable, elle confirme la potabilité permanente de l'eau de S1. Le 22 novembre 2016, S2 fait à son tour l'objet d'un prélèvement. Les résultats sont moins bons. Afin d'avoir une base de comparaison, un prélèvement a été effectué simultanément à S1 et à S2 le 29 mai 2017. La neige avait disparu au nord jusqu'à une altitude de 1880 m, et aucun orage n'avait lessivé les terrains à plus basse altitude les jours précédents. Les analyses aux deux sources sont excellentes. Enfin, une ultime analyse a été faite à S2, le 15 novembre 2017. Ses résultats sont cependant assez bons. Il peut être aussi utile de mentionner deux observations qui m'ont été faites durant ce travail. La première est la remarque d'un randonneur, un habitué de cette région, qui m'a dit boire fréquemment de l'eau de S1, lorsqu'il passe sur le chemin, une dizaine de mètres sous l'émergence. Il n'a jamais été malade. Quant à la responsable du laboratoire de microbiologie LAEPS à Bonneville, Madame S. Brouquier, elle m'a dit être étonnée de la qualité de ces eaux naturelles.

§ 6 Conclusions

Cette étude permet de proposer un modèle pour l'alimentation des deux sources à l'origine du Brévon. Il y a bon accord avec les observations de terrain. J'ai parlé dans l'introduction de l'importance de diversifier l'approvisionnement en eau des agglomérations. Ce travail nous montre que les modules annuels de ces sources sont à même de satisfaire un important bassin de population, même si le volume écoulé par

chacune ne présente pas la même stabilité annuelle, la captation étant en outre facilitée par leur altitude (distribution par gravité).

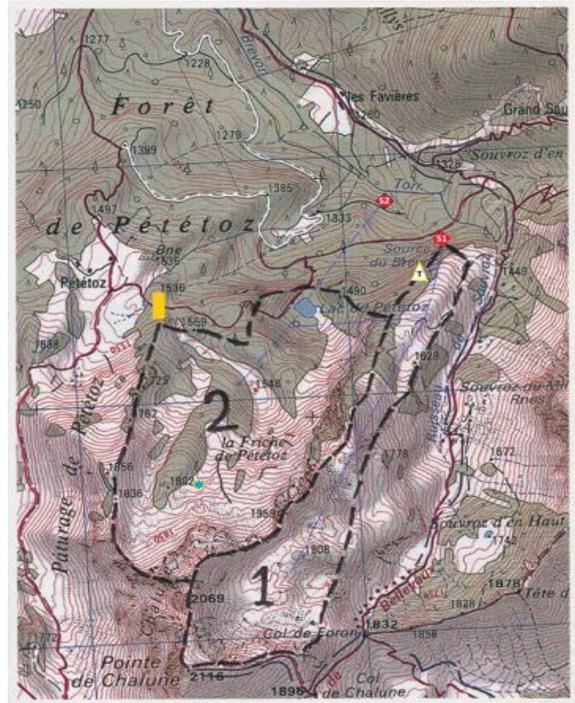
L'analyse physico-chimique des eaux de S1 et de S2 montre qu'elles sont parfaitement compatibles avec les normes françaises de potabilité, les valeurs mesurées étant bien en dessous des valeurs de référence. Mais il est clair que le nombre de prélèvements devrait être augmenté, répartis durant l'année ainsi que lors d'événements particuliers (crue, orages, fonte des neiges, étiages importants, etc.). D'après la norme française, avec un volume d'eau cumulé aux deux sources S1 et S2 d'environ 50 m³/jour, la fréquence des prélèvements pour contrôle de la physico-chimie se monte à une fois tous les 5 ans.

Un certain nombre d'analyses bactériologiques ont été effectuées. Elles ont montré une eau pratiquement dépourvue de toute contamination pour la source S1, mais un peu moins bonne pour la source S2. Tout en étant conscient qu'un faible nombre d'analyses (7 au total, à cause d'une contrainte financière) n'est pas forcément représentatif, la potabilité ne s'affirmant que par de nombreuses analyses au cours d'une année hydrologique et lors d'événements exceptionnels (crues, orages, étiages remarquables). Des comportements de S1 et S2 aussi dissemblables s'expliquent de la façon suivante. Sur le bassin d'alimentation de la source 1, il n'y a ni bétail, ni randonneurs. Seule, la grotte de la Tassonnière, rarement visitée, est un regard sur le flux souterrain alimentant S1. Le périmètre de protection de la source du Brévon, s.s., donc S1, se suffit donc à lui-même. Quant au périmètre de protection de la seconde source du Brévon, S2, il faut relever que le lac de Pététoz, qui l'alimente, reçoit la visite d'un certain nombre de touristes. Or, ses eaux émergent après un parcours souterrain, ce qui est défavorable à la survie de bactéries. En outre, une très courte section de la route forestière (à trafic réglementé) montant aux chalets de Pététoz survole le bassin versant de cette source, mais les flyschs imperméables protégeront l'eau. Et ce n'est pas le petit nombre de randonneurs, remontant du lac de Pététoz et passant suffisamment loin des dolines de la Friche de Pététoz qui vont détériorer la qualité de l'eau qui s'y infiltre. Cependant, pour expliquer la bactériologie de cette source qui n'est parfois pas très bonne, il faut invoquer la présence de bétail qui peut remonter librement depuis les chalets de Pététoz en direction des deux dolines de la Friche de Pététoz, décrites plus haut, en y laissant force « souvenirs ». Pour y pallier, il suffirait de fermer par un fil électrique ou une barrière le chemin quittant les chalets en direction du lac de Pététoz afin de résoudre le problème. L'obstacle est indiqué à la **carte 4**. Ainsi, un périmètre de protection serait établi, à même de garantir la potabilité de S2. Il est clair qu'il faudrait laisser s'écouler quelques années entre l'établissement de la barrière et la mise en route du captage afin de laisser le terrain assimiler les déjections bovines antérieures.

Carte 4. Sur ce document est indiquée en jaune la barrière qu'il faudrait mettre en place afin d'interdire l'accès du bétail au bassin d'alimentation No 2 afin qu'il ne contamine pas les eaux qui émergent à S2. En rouge, les sentiers.

Le triangle jaune près de S1 indique la grotte de la Tassonnière. La petite étoile verte en dessous du bassin No2 indique le gouffre de la Friche de Pététoz.

Le quadrillage bleu est kilométrique.



Enfin, un traitement préventif avec un désinfectant serait de toute façon nécessaire afin de supprimer tout risque.

Comme remarque finale, et pour résumer ce travail, je peux dire que, sous réserve d'un plus grand nombre d'analyses physico-chimiques et bactériologiques, la source S1 du Brévon, qui montre un débit annuel très variable, variant de 1 à 300 L/s, présente des propriétés tant physico-chimiques que bactériologiques excellentes.

Quant à la source S2, si son débit moyen annuel est très stable, une quinzaine de L/s, l'analyse physico-chimique est excellente, mais la bactériologie est moins bonne. Il suffirait d'un traitement désinfectant préventif pour satisfaire aux normes françaises de potabilité.

§ 7 Remerciements

Je remercie mon épouse Cheng-Mei qui m'a accompagné à de très nombreuses reprises sur le terrain pour des mesures et des traçages, les spéléologues C. Linder, Ph. et S. Moret et A. Wellhoff, de la SSG, qui ont fait le traçage dans la grotte de la Tassonnière et/ou arpenté en ma compagnie la Friche de Pététoz, Monsieur J.-M. Dorioz, qui a accepté la prise en charge par l'INRA à Corzent, Thonon, des analyses chimiques des deux sources dans le cadre du suivi exploratoire des qualités chimiques des eaux des hautes vallées du bassin lémanique, ainsi que M. St. Ramseier, ancien responsable du laboratoire des eaux des Services industriels de Genève, pour ses nombreuses informations orales concernant la bactériologie. Je remercie aussi le département des Sciences de la Terre de l'Université de Genève pour la mise à disposition de ses facilités, et enfin la Société pour la Connaissance des Alpes pour son aide financière.

§ 8 Bibliographie

- Atlas climatique de la Haute-Savoie (1991). Météo-France et Conseil général de la Haute-Savoie. 104 p.
- Charollais J. et H. Badoux (1990). Suisse lémanique, pays de Genève et Chablais. Guides géologiques régionaux. 223 p. Masson éd., Paris.
- Gagnebin E. (1940). Le front de la nappe de la Brèche et les plis des Préalpes médianes entre la Haute Pointe et le Roc d'Enfer (Haute-Savoie). Bull. lab. géol. univ. Lausanne, N° 68, 1-22.
- Haubert M. (1975). Bilan hydrochimique d'un bassin versant de moyenne montagne : la Dranse de Belleaux (Brévon), Haute-Savoie. Thèse CRG Thonon et Univ. P. et M. Curie, Paris.
- MétéoSuisse (2015, 2016, 2017 et 2018). Bulletins climatologiques saisonniers et annuels. Genève.
- Pittard J.-J. (1977). La grotte de la Tassonnière. Le Messager du 11.2.1977.
- Plancherel R. et P. Broquet (1998). Notice explicative de la feuille Samoëns – Pas-de-Morgins au 1/50.000, BRGM.
- Sesiano J. (1993). Monographie physique des plans d'eau naturels du département de la Haute-Savoie. Publ. du Conseil général de la Haute-Savoie, 126p. et 3 tables.
- Turc L. (1954). Le bilan d'eau des sols ; relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. La Houille Blanche, 89-99, Paris.
- Uttinger H. (1949). Les précipitations en Suisse 1901-1940. Guide de l'économie hydraulique et de l'électricité de la Suisse. Vol. II, 3^e éd.

- Feuille N° 655 de la carte géologique de France : Samoëns – Pas-de-Morgins au 1/50.000. BRGM.
- Feuille 3429 ET de la carte topographique Bonneville-Cluses-Faucigny au 1/25.000 publiée par l'IGN.

Jean Sesiano, professeur retraité,
en collaboration avec le
département des Sciences de la
Terre de l'Université de Genève.

Septembre 2019

ANNEXES

- I. Dates et buts des visites de terrain
- II. Mesures aux sources *in situ* de T, κ et débit
- III. Analyses physico-chimiques de l'eau des sources
- IV. Analyses bactériologiques de l'eau des sources
- V. Conditions météorologiques durant la période d'étude