

# LES IMPORTANTES EMERGENCES DE MAGLAND, DANS LA VALLEE DE L'ARVE (HAUTE-SAVOIE, FRANCE) : PHYSICO-CHEMIE ET ORIGINE DES EAUX

Jean SESIANO

Département de minéralogie de l'Université de Genève  
13 rue des Maraîchers, CH 1211 GENEVE 4

**RÉSUMÉ :** Une série de traçages et l'analyse physico-chimique pendant 18 mois des eaux de deux émergences dans la vallée de l'Arve, près de Magland, ont permis de préciser l'origine et le mode de cheminement des eaux. La première émergence, appelée "Pont", collecte les eaux d'un karst d'altitude et d'un karst forestier. Elle est également alimentée par les pertes du lac de Flaine et par une partie des eaux du lac Vernant. Le drainage est essentiellement superficiel, les crues pointues et les réserves suffisamment importantes pour assurer un écoulement pérenne. La physico-chimie des eaux est dans la moyenne de celle des Préalpes du nord. Quant à la seconde émergence, celle du "Vivier", ses propriétés sont très différentes de la précédente. Elle provient de la nappe occupant les dépôts fluvioglaciers situés sous le lac de Gers, dans une partie du massif où les calcaires sont recouverts d'une épaisse série de flysch. Ses propriétés physico-chimiques la rapprochent des émergences de Provence (karst de la Sainte-Baume, par ex.).

**Mots-clés :** hydrogéologie, physico-chimie, Préalpes du nord, Haute-Savoie.

**ABSTRACT :** DYE TRACING AND PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS OF TWO IMPORTANT SPRINGS IN THE ARVE VALLEY (HAUTE-SAVOIE, FRANCE).

Several dye-tracing experiments and the physico-chemical analysis of water samples taken during 18 months were performed at two important springs in the Arve valley, Haute-Savoie, France. The water origin and the mode of transit, very different from one to the other, are thus explained. The first spring collects water from both a bare high-altitude karst and a forested karst, at a lower elevation.

*It gathers also waters from the lakes Flaine and Vernant. The drainage is superficial, with strong but short water outbursts ; water storage is nevertheless important, the spring being perennial. The physico-chemistry of its water is similar to that of springs located in the northern Prealps. The second spring is very different. The physico-chemistry variations being much smoother. It comes from a basin filled with fluvioglacial deposits and located under the lake Gers. Its physico-chemical properties are rather similar to those of typical springs located in Provence, southern Provence.*

**Key-words :** hydrogeology, physico-chemistry, northern Prealps, Haute-Savoie.

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, nous travaillons à un inventaire des lacs de Haute-Savoie. Dans le cadre de ce travail, la morphométrie et la bathymétrie des lacs sont établies, des mesures physico-chimiques des eaux sont effectuées, et l'origine géologique de la cuvette est recherchée. Dans le cas des lacs à émissaires souterrains, des traçages sont tentés. Dans la région qui nous concerne, le massif de Platé, limité par la vallée de l'Arve, la vallée du Giffre et le massif cristallin des Aiguilles Rouges de Chamonix, nous nous trouvons en présence de plusieurs plans d'eau (voir la carte de situation) : d'abord les "laouchets" de Platé, à émissaire souterrain, qui ont déjà fait l'objet d'une communication (SESIANO, 1986 a) ; puis le lac Vernant, à émissaire essentiellement aérien, mais avec, peu après le déversoir, de grosses pertes dans le lit du torrent, ainsi que le lac de Flaine, au fond d'une vallée fermée, dont les rives sont parsemées de pertes, les eaux souterraines se dirigeant dans les deux cas vers la vallée de l'Arve. Un article a été rédigé à ce sujet (SESIANO, 1985). Enfin, de l'autre côté du massif, il y a le lac de Gers dont nous parlerons ci-dessous.

## 1. OBSERVATIONS

800 m au nord de Magland, dans la vallée de l'Arve (figure 1), on remarque plusieurs émergences pérennes situées à quelques mètres de la route nationale (coordonnées Lambert du site : X : 931,330 Y : 123,240 Z : 505). Une série de griffons présente des eaux dont l'origine est identique : elles proviennent des lacs de Flaine et de Vernant ainsi que du karst voisin, c'est-à-dire de la retombée nord de l'anticlinal de Platé, mais aussi de la zone Arâches-Carroz. Cette certitude provient des nombreux traçages effectués sur le massif et dont le compte rendu se trouve dans SESIANO (1985). A une quarantaine de mètres au sud du plus important de ces griffons, appelé plus loin "Pont", on observe une émergence dont les qualités de débit et de température sont totalement différentes. Elle alimente un vivier, d'où son appellation "Vivier", ci-dessous.

Entre les mois de janvier 1985 et juillet 1986, le plus souvent trois fois par mois, des échantillons d'eau ont été prélevés au Pont et au Vivier, et les températures simultanément mesurées. En quelques occasions (crue, étiage, situation normale), la teneur en oxygène dissous a été déterminée et une analyse bactériologique effectuée. Lors de l'accident de Tchernobyl, l'évolution de la radioactivité de l'eau des deux émergences a été suivie durant plusieurs mois. Cela nous a conforté dans l'idée que ces sources avaient des origines bien différentes, comme l'indiquaient, après la physico-chimie, les réponses très différentes aux retombées de Tchernobyl (SESIANO, 1986b). Nous avons placé un limnigraphe de janvier 1985 à juillet 1987, au Pont, et une échelle fixe y a été également installée. Ces données sont consignées dans le tableau I. Nous les discuterons plus loin. Mais restait en suspens le problème de la provenance des eaux du Vivier.

## 2. LE CAS DU LAC DE GERS

Ce lac est situé au fond d'une vallée glaciaire suspendue, dans la partie est du massif de Platé, au-dessus de la vallée du



Photo 1 :

Lac de Gers

Figure 1 :  
(page de  
droite)

Carte de  
situation  
(massif de  
Platé,  
Haute-  
Savoie).

Situation  
map (Platé,  
Haute-  
Savoie).

Giffre. Ses coordonnées Lambert sont X : 939,900, Y : 123,500, Z : 1533. Il a une surface variable passant de 7 ha en crue à 4 ha à l'étiage, et une profondeur maximale de 5,9 m ; le marnage atteint 3 m. C'est une cuvette de surcreusement glaciaire, excavée dans la puissante série des flyschs de la nappe de Morcles (Grès de Taveyannaz). Il s'y est installé un lac de barrage, retenu par un glissement de terrain en rive droite et un cône de déjection en rive gauche. A la sortie du vallon, un seuil de calcaire Priabonien forme verrou. Le lac présente un émissaire aérien temporaire, à la fonte des neiges (mai-juillet), puis, en l'absence de fortes précipitations, une perte sous-lacustre située près du déversoir (altitude 1530 m) est à même d'évacuer l'eau. A l'étiage, on observe une émergence temporaire 700 m en aval du lac, dans le lit même du torrent (altitude 1495 m), puis, au voisinage du verrou, une sortie pérenne (altitude 1485 m).

Dans le cadre de projets de retenues hydroélectriques, E.D.F. fit faire en 1982, 1983 et 1984, des études dans le site de Gers. Elles consistèrent en sondages sismiques en divers points de la cuvette, en carottages et en traçages à la perte, le tout complété par la pose de piézomètres. Un rapport sur les conditions hydrogéologiques du site, au vu des résultats obtenus et de la géologie locale, fut fourni par MAIRE (1986). D'après les sondages E.D.F., on atteint le substratum à environ 60 m sous la surface du sol, 100 m en amont du lac. Les alluvions fluvioglaciaires (sables, graviers puis argiles var-

vées) recouvrent un plancher formé d'une calcilutite marneuse de l'Oligocène, très diaclasée et altérée, selon la détermination de P. Kindler (Laboratoire de géologie de l'Université de Genève). Leur épaisseur diminue vers l'aval, pour devenir nulle au verrou. La nappe d'eau emmagasinée dans ces terrains meubles se trouve en moyenne entre 10 et 30 m sous le niveau du sol. Elle remplit la cuvette rocheuse et sa surface supérieure, ayant une pente d'environ 2%, affleure au verrou.

Afin d'éclaircir le trajet souterrain des eaux, plusieurs traçages furent effectués. Le premier par E.D.F. le 1er août 1984 avec l'injection de 3,5 kg de rhodamine B à la perte alors exondée. De très nombreux points de surveillance (préleveurs automatiques, fluocapteurs, observateurs) furent mis en place. N'ayant pas eu connaissance de ce traçage, nous en fimes un le 11 août, avec 0,5 kg de fluorescéine. Les points de surveillance, des deux émergences du vallon de Gers, à celle du Déchargeux, ainsi qu'au bas du cirque de Voconnant, au nant Maudit, dans le Giffre, et à l'émergence du Pont, n'indiquèrent aucune trace d'un des deux colorants. L'opération est alors répétée par nous le 27 mai 1985 avec l'injection de 0,5 kg de fluorescéine, la perte étant alors recouverte d'eau, puis c'est au tour d'E.D.F. de récidiver trois semaines plus tard. Aucun signal n'est détecté, et le problème des fuites du lac est momentanément classé.

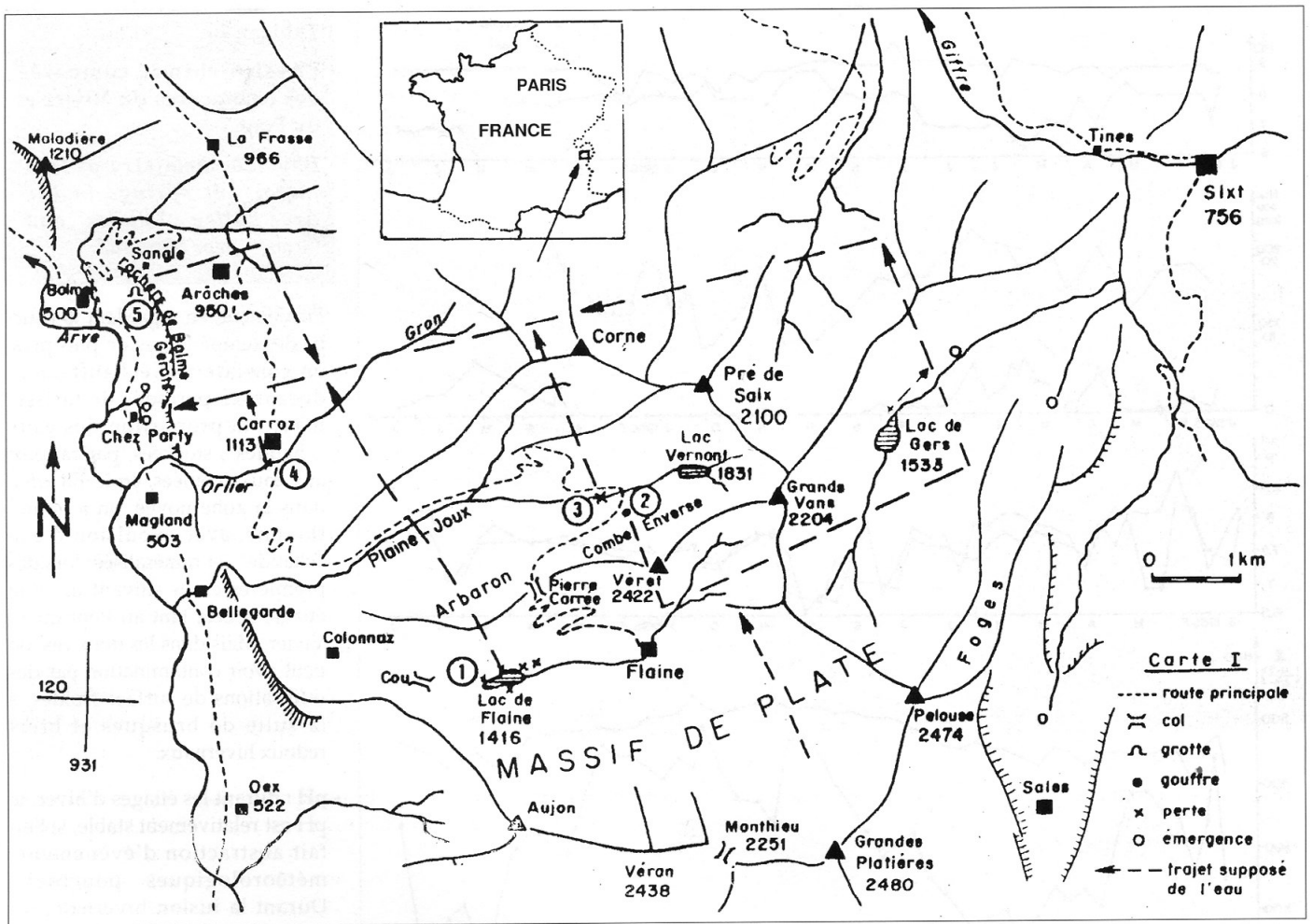
Cependant, nous tentons une ultime expérience le 16 août 1987 avec l'injection

de 3 kg de fluorescéine. Nous nous restreignons aux points de surveillance qui nous semblent les plus "chauds", à savoir l'émergence aval du vallon de Gers (altitude 1485 m), le Giffre à l'aval des Tines, et les émergences de Magland, Pont, et Vivier, cette dernière ayant été ignorée par E.D.F. qui ne se doutait pas de son existence. Quant à nous, nous l'avions surveillée, mais durant quelques jours seulement. Cette fois, au contraire, la surveillance fut de longue durée. Environ deux semaines plus tard, les fluocapteurs de l'émergence de Gers, du Giffre et du Vivier indiquent la présence de fluorescéine, et cela jusqu'à fin octobre (voir tableau II). Le 15 septembre, un traçage avec 5 kg de fluorescéine fut effectué aux Carroz par le bureau IRAP d'Annecy pour estimer les pertes du nant d'Orlier (étude d'impact de la future station d'épuration communale). Leur signal fut détecté au Pont par nos capteurs, sans pouvoir spécifier si le Vivier avait été aussi marqué, notre signal étant encore présent.

### 3. INTERPRETATION

Après bien des essais, et surtout avec de gros moyens en ce qui concerne E.D.F., tous infructueux, nous avons pu finalement cerner le transit des eaux de la perte du lac de Gers. Nous proposons le modèle suivant, confirmé du reste par deux autres résultats.

La perte du lac dirige les eaux vers la nappe, quelques 25 m sous la surface



du sol. Lorsque son niveau est maximum, à la fonte des neiges, les deux émergences de Gers sont alimentées, et l'émissaire est aérien. Le niveau du lac s'abaissant, le déversoir devient inactif vers mi-juillet. Mais l'eau résurge encore dans le lit du torrent, à l'émergence supérieure. Avec l'abaissement du niveau de la nappe, elle tarit peu à peu et seule reste active l'émergence pérenne au verrou. Cependant, la cuvette de surcreusement présente des fuites (plancher très diaclasé) dirigeant les eaux vers le décrochement de Gers-Déchargeux, selon le pendage d'abord, puis selon le plan de faille N145°, en direction du NW. Un des nombreux accidents tectoniques NE-SW dirige ensuite les eaux vers la vallée de l'Arve. Elles s'enfoncent sans doute suffisamment pour que ce réseau se retrouve sous le collecteur du massif de Platé, des lacs de Flaine et de Vernant. Le laps de temps assez élevé, environ deux semaines, pour ce transit de 8 km à vol d'oiseau, semble dû à la lente diffusion dans la nappe phréatique de Gers et à un réseau noyé pour le transfert ultérieur, comme la physico-chimie semble le démontrer.

Un second fait qui milite dans le même sens est le suivant : après les retombées radioactives de Tchernobyl sur la région étudiée, dès le 3 mai 1986, il a fallu

attendre près de trois semaines pour avoir le premier signal au Vivier. Ce temps a été suffisant pour permettre aux précipitations radioactives de traverser le manteau neigeux puis de s'infiltrer pour d'abord combler le déficit hivernal de la nappe, avant de transiter vers l'émergence du Vivier. Le dernier fait à relever est le suivant : en prenant 0,3 km<sup>2</sup> pour surface de la nappe phréatique de Gers et une épaisseur moyenne de 35 m, avec un coefficient d'emmagasinement de 10 % dans des sédiments ayant subi un court transport (on a environ 8 % pour les dépôts fluvioglaciers très remaniés de la cuvette genevoise), on obtient une réserve de 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> d'eau. Celle-ci serait suffisante pour alimenter l'émergence du Vivier durant les cinq à six mois de tarissement hivernal (absence d'apports d'eau liquide dans le bassin-versant du lac), à raison de 50 l/s. Cette valeur correspond à celle qui est observée.

Cependant, la nappe est loin de tarir complètement. En effet, d'après les relevés piézométriques effectués par E.D.F. entre le 15 août 1985 et le 30 avril 1988, aimablement communiqués par M. Trocherie, la baisse de niveau de la nappe à l'aval du lac durant les mois secs de l'arrière-été ou en hiver atteint environ 10 cm/jour. Cette valeur correspond à une perte d'eau de

3000 m<sup>3</sup>/j soit 35 l/s. Elle se répartit entre un faible débit à l'émergence pérenne (à 1485 m) et celui plus important du Vivier. De plus, sur ce dernier viennent encore se greffer des venues d'eau au cours du trajet entre Gers et l'émergence, alimentation indiquée par la physico-chimie (la température surtout) (tableau 1). A noter, comme le relève M. Trocherie, qu'un artésianisme toujours possible et d'autres apports à la nappe issus des cônes de déjection en rive gauche peuvent compliquer encore le problème.

#### 4. PHYSICO-CHIMIE DES EMERGENCES PONT ET VIVIER

Examinons d'abord les variables physiques relevées aux deux émergences (tableaux 1 et 2). Leur comportement est la plupart du temps totalement différent. En effet, on sait maintenant que l'une (le Vivier) provient d'une nappe alimentant un réseau noyé, et l'autre d'un drainage karstique aux réactions beaucoup plus pointues.

- **Température et débit** : la courbe thermique du Vivier est extrêmement stable, les valeurs se situant entre 8,5 et 9°C, à l'exception peut-être de quelques venues



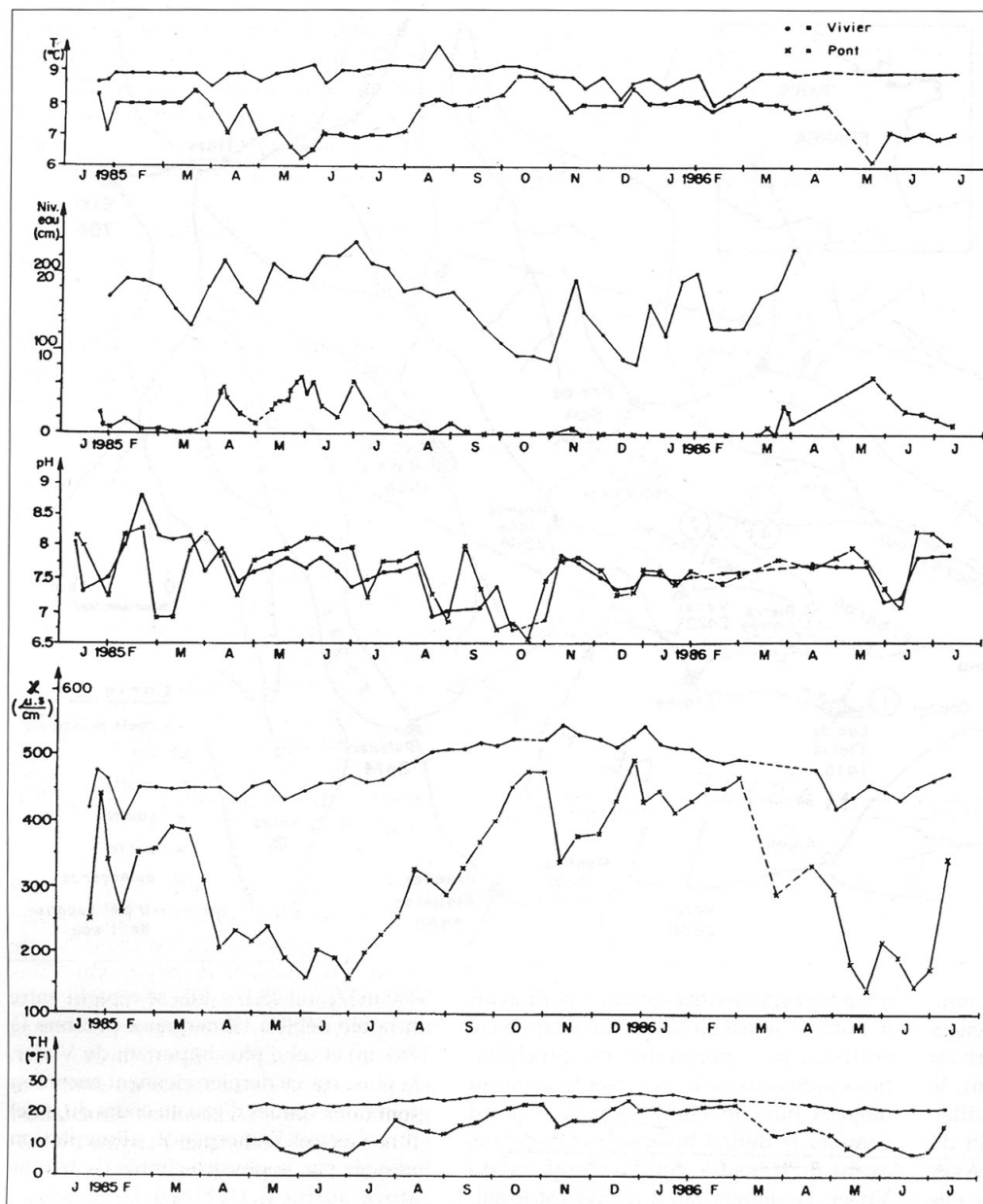


Tableau 1 :

Physico-chimie comparée des émergences du Vivier et du Pont.

*Physico-chemistry of two important springs in the Arve valley : "Vivier" and "Pont", near Magland.*

Finale-ment, en regardant la courbe des températures de plus près, on constate un réchauffement durant les périodes de tarissement : la proportion des eaux "chaudes", stockées, par rapport aux eaux écoulées, croît. En effet, dans la zone noyée, on a homothermie, avec expulsion d'eau "chaude" (et minéralisée) lors des premières crues suivant un long étiage, et cela tant au Pont qu'au Vivier. Mais dans les deux cas, on peut avoir contamination par des infiltrations de surface froides, à la suite de brusques et brefs redoux hivernaux.

- **pH** : durant les étiages d'hiver, le pH est relativement stable, si l'on fait abstraction d'événements météorologiques ponctuels. Durant la fusion hivernale, les eaux tendent à devenir plus acides, le maximum étant atteint à l'étiage d'automne. On a ensuite une rapide remontée vers le palier hivernal. Pour les deux émergences, le profil est identique. Ces variations sont liées au temps de séjour de l'eau dans les conduits, menant à une minéralisation plus ou moins élevée.

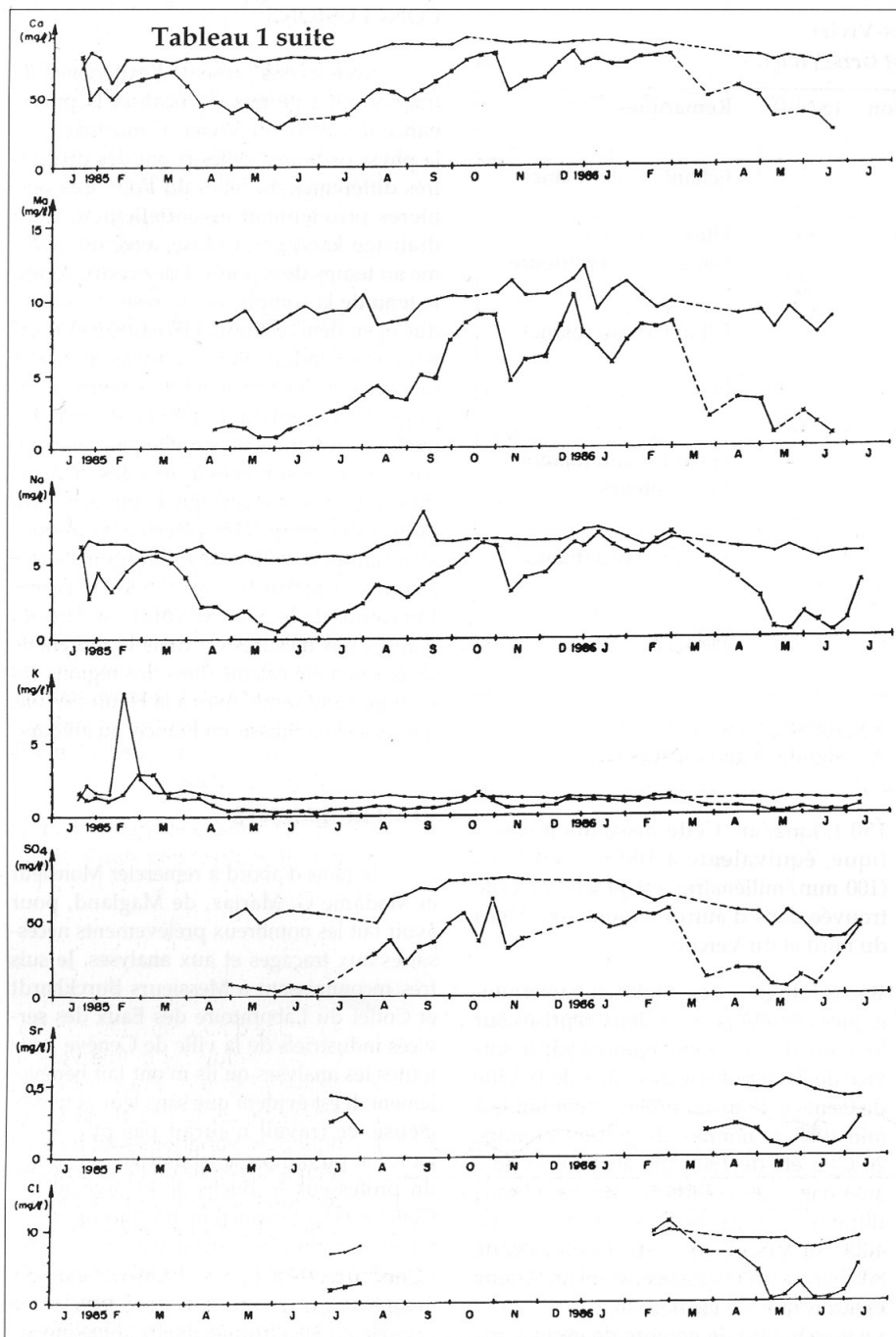
d'eau froide (très brèves crues hivernales). L'emménagement et un parcours lent et profond homogénéisent l'eau. Nos estimations de débit (contrôle au moulinet) donnent des valeurs comprises entre 5 l/s (étiage de fin d'automne) et 120 l/s (fonte des neiges, début d'été).

Quant au Pont, les variations de température sont bien plus fortes à cause du mode d'alimentation, de l'absence de stockage important et de la provenance très diverse des apports : lapiés, lacs, pertes dans le lit de torrents, infiltrations en karst forestier de moyenne altitude (environ 1000 m). L'amplitude atteint ainsi 2,5°C. Si l'aquifère est saturé, la réponse à d'abondantes précipitations est rapide ; la crue s'amorce environ 2 heures plus tard. L'écoulement important ne se fait en réalité que sur quatre mois, d'avril à juillet ; en automne, le karst est vidé, en hiver et au début du printemps, la couverture nivale bloque toute infiltration. Le débit total de l'émer-

gence (branche issue du Pont à "chez Party", ainsi que celle alimentant l'ancien moulin de "chez Gaudy") varie entre 0,7 m<sup>3</sup>/s et 9 m<sup>3</sup>/s. Le débit comparativement faible du Vivier, qui rejoint un peu en aval l'émergence du Pont, est inclus dans ces valeurs.

En comparant l'amplitude des variations de débit au Pont et au Vivier, on peut dire que le système du Pont est bien karstifié, car son pouvoir régulateur est faible. Il existe cependant des réserves noyées assez importantes pour assurer des débits d'étiage non négligeables, tant au Pont qu'au Vivier. Par comparaison, on peut prendre le système de la Diau, dans le massif des Bornes (Haute-Savoie) : on a un facteur 100 entre les débits de crue et d'étiage, contre 2 au Vivier et 10 au Pont (LEPILLER et al., 1980). On a là une karstification très développée qui est confirmée par l'important développement de l'endokarst sur le bassin de Flaine.

- **Conductivité K** : on retrouve un comportement similaire au précédent. La conductivité, traduisant en fait la minéralisation de l'eau, est minimum lorsque le débit aux émergences est maximum, c'est-à-dire à la fonte des neiges (de mai à juillet), avec un petit pic juste avant les crues, correspondant à l'expulsion d'eau plus minéralisée ayant séjourné dans le réseau. Une lente remontée de la conductivité correspond à l'étiage d'automne, suivie de fluctuations liées aux précipitations de fin d'année et aux redoux de d'hiver. On peut relever que l'émergence du Pont réagit rapidement aux conditions extérieures (transit très bref de l'eau), alors que les réactions du Vivier sont amorties par le lent cheminement des eaux en milieu sans doute noyé (d'où une minéralisation moyenne plus élevée). D'une manière générale, la minéralisation maximale est atteinte en



automne, car la production de CO<sub>2</sub> par la végétation du karst forestier (et celui d'altitude, dans une moindre mesure) est plus forte durant l'été.

D'autre part, la conductivité et la température diminuent quand l'altitude du bassin-versant augmente (LEPILLER, 1984). Finalement, l'étalement des conductivités dans le cas du Pont témoigne d'une forte karstification, mais au contraire d'une karstification peu développée pour le Vivier, ceci étant lié au temps de transit. Les deux modes présents dans la courbe du Pont reflètent la présence d'eaux en transit, peu minéralisées, et celles du stockage, fortement minéralisées (MONDAIN, 1983).

- **Dureté total TH** : son comportement est le même que celui de la conductivité. La

concentration en bicarbonate de calcium diminuant avec l'altitude moyenne du bassin-versant et son exposition nord (car la production de CO<sub>2</sub> dans la pédosphère décroît avec la température), les valeurs trouvées au Vivier sont constamment supérieures à celle du Pont, avec une amplitude plus faible. Lors des crues, très pointues au Pont, la sous-saturation en bicarbonate peut être bien marquée, du fait du transit trop bref des eaux (par exemple en novembre 1986). Si l'on compare les valeurs de TH trouvées au Vivier (de 20 à 25°*F*) avec celles des Préalpes du nord (de 7 à 20°*F*), on constate une forte anomalie, alors que celles du Pont sont en accord. Ces valeurs élevées de TH se rapprochent de celles des émergences des Préalpes du

sud et de la Provence. C'est le mode de transit de l'eau, en régime noyé surtout, qui en est la raison, mode de transfert des eaux fréquemment rencontré dans le Midi de la France, par exemple au karst de la Sainte-Baume (Coulier, 1986).

- **Calcium et magnésium** : le comportement de ces cations est similaire à celui de la dureté TH.

- **Sodium et potassium** : en général, leur valeur croît avec le temps de séjour dans le drain. Dans le massif considéré, le sodium provient sans doute de l'altération de la montmorillonite contenue dans la fraction argileuse des sols et des roches. Une autre partie provient des précipitations atmosphériques et des activités humaines (pour le potassium surtout). Les valeurs élevées trouvées au Vivier sont à mettre en parallèle avec le temps de séjour des eaux, mais aussi avec l'apport anthropique aux chalets de Gers (élevage, épandage). Quant aux valeurs trouvées au Pont, elles se rapprochent de celles trouvées, par exemple, pour les émergences du Jura (CHAUVE et al., 1982).

- **Sulfate** : dans nos régions, il provient des marnes dont les sulfures de fer (FeS<sub>2</sub>) se sont décomposés avec production d'acide sulfurique attaquant le calcaire. On observe de beaux échantillons de sulfate sous forme de fleurs de gypse sur certaines parois de la grotte de Balme (hydrogéologiquement reliée au réseau du Pont) : ce sont donc des cristallisations secondaires. Il ne faut pas rechercher l'origine du sulfate dans les gypses triasiques qui ne sont pas présents dans le massif de Platé. Même si la concentration à l'émergence du Vivier est plus élevée que celle du Pont, du fait de son bassin-versant en général plus marneux et du temps de transit de l'eau plus élevé, ces valeurs sont faibles par rapport à celles trouvées dans un environnement gypseux (de 0,5 à plus de 1 g/l).

- **Chlorure** : il provient surtout des précipitations atmosphériques (chlorure marin) mais il reflète également les activités anthropiques, par exemple le salage hivernal des routes avec ruissellement direct ou assèchement de la chaussée accompagné de fines particules résiduelles dispersées par le vent. Dans notre cas, seule l'émergence du Pont semblerait être affectée par le tourisme hivernal sur le secteur Arâches-Carroz-Flaine (fortes valeurs hivernales, puis rapide décroissance). Le Vivier ne devrait pas être contaminé, pour autant qu'il ne reçoive pas au passage de l'eau de la région mentionnée ci-dessus.

## CONCLUSIONS

Nous avons présenté l'expérience de traçage qui a permis de localiser la provenance des eaux du Vivier. Confirmées par la physico-chimie, celles-ci ont des qualités très différentes de celles du Pont. Ces dernières proviennent essentiellement d'un drainage karstique vadose, avec un système au temps de réponse assez court, compte tenu de la complexité du réseau en étendue et en dénivellation. Les eaux du Vivier, par contre, indiquent un drainage profond, de type noyé et à forte inertie, même si des apports de surface peuvent induire quelques réactions ponctuelles. Si l'on compare ces deux systèmes à ceux des Préalpes du nord, on s'aperçoit que l'émergence du Pont a des propriétés physico-chimiques semblables à celles des émergences des karsts d'altitude de ces régions. Finalement, le taux d'ablation obtenu d'après nos mesures est dans la fourchette de ce qui a été calculé dans des régions climatiquement semblables à la Haute-Savoie, que ce soit en Suisse, en France, ou ailleurs.

## REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier Monsieur et Madame G. Mariaz, de Magland, pour avoir fait les nombreux prélèvements nécessaires aux traçages et aux analyses. Je suis très reconnaissant à Messieurs Burckhardt et Cottet du Laboratoire des Eaux des services industriels de la ville de Genève pour toutes les analyses qu'ils m'ont fait bénévolement. Il est évident que sans leur aide précieuse, ce travail n'aurait pas pu voir le jour. J'ai pu utiliser le laboratoire de chimie du professeur A. Buchs de l'Université de Genève, pour l'extraction des traceurs. Qu'il en soit remercié, ainsi que le Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel, pour les détections précises et rapides au spectrofluorimètre. Finalement, merci à Monsieur Lepiller, de l'Université d'Orléans, avec qui nous avons eu d'intéressantes discussions, à Monsieur Trocherie de l'E.D.F., pour ses informations, et à Madame J. Berthoud du Département de minéralogie de l'Université de Genève, pour avoir dactylographié le manuscrit. Ce travail a été financé par un subside de la Société académique de Genève ainsi que par le subside n° 2.104-0.86 du Fonds national suisse pour la recherche scientifique.

## BIBLIOGRAPHIE

BURGER (A.) - 1983 - Prospection et captage des eaux souterraines des roches carbonatées du Jura. Gaz-Eaux-Eaux usées. N°1037, p. 533-583, Zürich.

Tableau 2 : Résultats du traçage Lac de Gers-Vivier.  
Results of water-tracing : lake of Gers-Vivier.

Lieu	Date (1987)		Concentration	(g/ml)	Remarques
	pose	retrait			
GERS	--	16.8	nég.		Echant. d'eau (blanc)
	16.8	3.9	1.4 E-07	++	
	2.9	23.9	>> E-07	++	Fluocapteurs à
	23.9	1.11	>> E-07	++	l'émergence inférieure
	16.8	1.11	8.1 E-08	+	
GIFFRE	--	16.8	nég.		Echant. d'eau (blanc)
	16.8	3.9	1.6 E-08	+	
	2.9	23.9	1.3 E-08	+	Fluocapteurs
	23.9	1.11	1.3 E-09	±	
PONT	--	21.8	5.9 E-10		Echant. d'eau (blanc)
	16.8	23.9	4.7 E-08	+	Fluocapteurs
	7.10	22.10	>> E-07	++	" "
VIVIER	--	16.8	nég.		Echant. d'eau (blanc)
	--	24.8	nég.		" "
	16.8	3.9	2.8 E-08	+	
	2.9	23.9	2.1 E-08	+	Fluocapteurs
	7.10	22.10	>> E-07	++	

NB. : Nég. signifie <1.0 E-10 g/ml  
+ signifie positif

++ signifie fortement positif  
± signifie légèrement positif

Cependant, il doit ses hautes valeurs stables aux activités pastorales de Gers. Quelques mesures de fin d'automne et début d'hiver auraient été utiles. On peut relever que les valeurs trouvées dans le Jura, de 1 à 3 mg/l, sont en général plus faibles que les nôtres (CHAUVE et al., 1982).

- **Oxygène dissous** : l'oxygène dissous a été déterminé en quatre occasions (2 mai 1986, 10 juin 1986, 14 octobre 1986 et 17 février 1987), dans des situations de crue et d'étiage. Les valeurs se situent au Vivier entre 50 % de la saturation (étiage 14 octobre 1986) et 65 % (crue 10 juin 1986), et au Pont entre 70 % (étiage 14 octobre 1986) et 100 % (crue 2 mai 1986). Cela confirme le temps de transit élevé en régime noyé dans le cas du Vivier.

- **Strontium** : les valeurs trouvées sont de l'ordre de grandeur de celles mesurées dans le Jura, dans le bassin de l'Areuse (canton de Neuchâtel) (BURGER, 1983).

- **Taux d'ablation** : en prenant nos estimations de débit (Pont 0,7 m<sup>3</sup>/s à l'étiage et 9 m<sup>3</sup>/s en crue; Vivier de 50 à 120 l/s), pondérées dans le temps, soit une évacuation de 48 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> d'eau par an, avec les TH considérés (80 mg/l en crue et 200 mg/l en étiage), nous obtenons une exportation de calcaire de 270 t/km<sup>2</sup>/an. Cette valeur est très proche de celle donnée par MAIRE (1984), soit 282 t/km<sup>2</sup>/an, mais plus forte que celle trouvée par LEPILLER (1980) dans les Bauges (altitude plus faible) soit environ

150 t/km<sup>2</sup>/an. Cette dissolution spécifique, équivalente à 100 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/an (100 mm/millénaire), est proche de celle trouvée dans d'autres régions des Alpes du nord et du Vercors.

- **Bactériologie** : des analyses bactériologiques ont été faites à deux reprises sur les eaux des deux émergences par le service de Bactériologie des Eaux de la Ville de Genève. Pour un prélèvement fait le 3 juin 1985, le nombre de germes (3 jours, 20°C) a été de 190/cm<sup>3</sup> au Pont et de 3 au Vivier. Les coliformes sur membrane filtrante sont, par litre, de 0 au Pont et de 4000 au Vivier, les autres colonies de 8000 et de 42000, respectivement. Aucun entérocoque n'a été détecté.

Le 9 août 1985, le nombre de germes par cm<sup>3</sup> (3 jours, 20°C) était de 5000 pour le Pont et de 180 pour le Vivier, les coliformes sur membrane filtrante de 600 et de 0 par litre, respectivement. Les autres colonies, de 30000 et de 4100 par litre, et les entérocoques, de 1400 et de 0 par litre, respectivement. On peut rappeler que la présence de colibacilles indique une pollution d'origine fécale. Relevons à titre de comparaison que les eaux potables de la ville de Genève ont des valeurs nulles pour les coliformes et les entérocoques.

Il semble donc que dans notre cas, les eaux subissent une contamination autour du lac de Gers (chalet d'alpage, bétail et purin), sur le bassin du lac de Flaine (dont la STEP est sous-dimensionnée) et le plateau des Carroz d'Arraches, assez densément peuplé.

CHAUVE (P.), BLAVOUX (B.), MIGNOT (C.) et MUDRY (J.) - 1982 - Les éléments chimiques extérieurs au système karstique indicateurs de la qualité des eaux des réserves des calcaires jurassiens.- 3e Colloque d'hydrogéologie en pays calcaire, Université de Besançon, Mémoire n°1, p. 23-28.

COULIER (Ch.) - 1986 - Le karst de la Sainte-Baume (Bouches-du-Rhône et var, France), structure et évolution : l'approche hydrogéologique, *Karstologia* 8, 7-12.

LEPILLER (M.) - 1980 - La dissolution des carbonates dans un système aquifère très karstifié à alimentation essentiellement météorique. Conséquences pour l'estimation de la vitesse de karstification.- *Crist., déform. et dissol. des carb.*, réunion nov. 1980, Université de Bordeaux III, p. 295-306.

LEPILLER (M.) - 1984 - Le rôle de l'activité biologique dans l'acquisition de la charge dissoute des eaux d'aquifères carbonatés ; étude de 12 systèmes karstiques des Bauges et des Bornes (massifs subalpins nord, Alpes françaises).- Colloque international du C.N.R.S. n°303, p. 403-411.

LEPILLER (M.) et TALOUR (B.) - 1980 - Différenciation thermique et chimique des eaux dans un système aquifère très karstifié à alimentation essentiellement météorique (système de la Diau, Alpes françaises du nord).- *C.R. 105e Congrès nat. soc. sav.*, Caen, Sciences, p. 95-109.

MAIRE (R.) et NICOD (J.) - 1984 - Aperçus sur l'hydrologie karstique des Alpes occidentales.- *Karstologia* n°3, p. 18-33.

MAIRE (R.) - 1986 - Projets de S.T.E.P. du

lac de Gers.- E.D.F., Chambéry.

MONDAIN (P.-H.) - 1983 - Le système karstique de Morette (massif des Bornes, Haute-Savoie) : précision sur ses limites sud-ouest et caractères géochimiques des eaux à l'exutoire.- *C.R. 108e Congrès nat. soc. sav.*, Grenoble, Sciences, I, p. 311-326.

SESIANO (J.) - 1985 - Nouvelles observations sur l'hydrogéologie de la région entre Arâches et Flaine (Haute-Savoie).- *Karstologia* n°6, p. 7-10.

SESIANO (J.) - 1986a - L'éboulement du Dérochoir ; une hypothèse est réfutée 235 ans plus tard.- *Arch. Sc. Genève*, 39, p. 237-242.

SESIANO (J.) - 1986b - L'accident de Tchernobyl : une retombée positive en hydrogéologie.- *Karstologia* n°8, p. 47-49.