

Qualité physico-chimique et bactériologique des sources du domaine de Platé (Haute-savoie)

Juliette Buisson -Vodinh

Citer ce document / Cite this document :

Buisson -Vodinh Juliette. Qualité physico-chimique et bactériologique des sources du domaine de Platé (Haute-savoie). In: Karstologia : revue de karstologie et de spéléologie physique, n°16, 2e semestre 1990. pp. 29-38;

doi : <https://doi.org/10.3406/karst.1990.2242>

https://www.persee.fr/doc/karst_0751-7688_1990_num_16_1_2242

Fichier pdf généré le 04/05/2018

Abstract

On the high alpine karst of Platé (Haute-Savoie), eight springs on four catchments have been submitted to physico-chemical and bacteriological analysis. The skiing \ station of Flaine is situated on one of the catchment, the others are not very frequented (mountain pasture, cattle). These springs have a good physico-chemical quality but only one of them is drinkable. The others are contaminated by pathological germs contained in human and animal excrements. This phenomenon is amplified by the ground and earth leaching due to rain storms. On the other hand, the skiing station of Flaine could be responsible of a chronic pollution of the Salles spring. All traditional fréquentation of this area makes the waters \ unusable and undrinkable, and all additional development on the karst could only aggravate this situation and compromise the use of water.

Résumé

Sur le karst haut alpin du domaine de Platé (Haute-Savoie, France), huit sources réparties sur quatre bassins-versants ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. La station de Flaine occupe un bassin-versant, les autres sont faiblement fréquentés (chalets d'alpage, troupeaux). Ces sources sont de bonne qualité physico-chimique, mais une seule est potable. Les autres sont contaminées par des germes pathogènes contenus dans des excréments i humains ou animaux. Ce phénomène s'amplifie lors du lessivage des sols par les crues d'orage. En outre la station de Flaine serait responsable d'une pollution chronique de la source de Salles. Toute fréquentation traditionnelle de ce massif rend les eaux impropres à la consommation de sorte que tout aménagement sur le karst ne pourrait qu'aggraver cette situation et compromettre l'utilisation de l'eau.



QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DES SOURCES DU DOMAINE DE PLATÉ (Haute-Savoie, Fr.)

□ Juliette BUISSON-VODINH

147 impasse de la Roseraie 74190 Passy (Fr.)

RESUME :

Sur le karst haut alpin du domaine de Platé (Haute-Savoie, France), huit sources réparties sur quatre bassins-versants ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. La station de Flaine occupe un bassin-versant, les autres sont faiblement fréquentées (chalets d'alpage, troupeaux). Ces sources sont de bonne qualité physico-chimique, mais une seule est potable. Les autres sont contaminées par des germes pathogènes contenus dans des excréments humains ou animaux. Ce phénomène s'amplifie lors du lessivage des sols par les crues d'orage. En outre la station de Flaine serait responsable d'une pollution chronique de la source de Salles. Toute fréquentation traditionnelle de ce massif rend les eaux impropres à la consommation de sorte que tout aménagement sur le karst ne pourrait qu'aggraver cette situation et compromettre l'utilisation de l'eau.

Mots-clés : karst, source, qualité de l'eau, bactériologie, pollution, Flaine, Platé, Haute-Savoie.

ABSTRACT :

PHYSICO-CHEMISTRY AND BACTERIOLOGY OF THE DOMAIN OF PLATE SPRINGS (HAUTE-SAVOIE, FRANCE).

On the high alpine karst of Platé (Haute-Savoie), eight springs on four catchments have been submitted to physico-chemical and bacteriological analysis. The skiing station of Flaine is situated on one of the catchment, the others are not very frequented (mountain pasture, cattle). These springs have a good physico-chemical quality but only one of them is drinkable. The others are contaminated by pathological germs contained in human and animal excrements. This phenomenon is

amplified by the ground and earth leaching due to rain storms. On the other hand, the skiing station of Flaine could be responsible of a chronic pollution of the Salles spring. All traditional frequentation of this area makes the waters inusable and undrinkable, and all additional development on the karst could only aggravate this situation and compromise the use of water.

Key-words : karst, spring, water quality, pollution, bacteriology, northern Prealps, Haute-Savoie, Flaine.

INTRODUCTION

Le domaine de Platé s'étend sur environ 45 à 50 km² entre 1600 et 2800 m d'altitude. Il forme un puissant bastion calcaire situé entre les cours du Giffre au N et de l'Arve au SW. De type supraforestier, il constitue un des karsts hauts alpins les plus célèbres de la chaîne alpine.

Désireux de mieux connaître les particularités de ce massif, le Comité Scientifique des Réserves Naturelles de Haute-Savoie a fait réaliser une synthèse des travaux scientifiques concernant ce massif (BUISSON, 1987). La circulation des eaux souterraines dans le karst est relativement bien connue, mais les études concernant la qualité des eaux sont insuffisantes. Or, la prise en compte de la qualité des réserves d'eau est primordiale pour gérer et protéger ces milieux sensibles de haute montagne. Ce massif est particulièrement fragile car déjà en partie aménagé par la station de sports d'hiver de Flainel-Carroz. Aussi la protection des espaces encore vierges, notamment le vallon de Salles, est-elle importante.

En 1987 et 1988, le Comité Scientifique des Réserves Naturelles a demandé une étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des sources du Domaine de Platé. En voici les principaux résultats.

I. LE CADRE PHYSIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

D'après MAIRE (1984, 1990), le "Désert de Platé" est constitué par un synclinorium charrié dont les rebords W, S et E forment l'imposante ceinture de murailles calcaires (Tithonique, Urgonien) se développant de la Croix de Fer aux Rochers des Fiz. Des buttes-témoins de Grès de Taveyannaz (Oligocène) (Tête Pelouse, Tête de l'Ane, Pointe de Platé, Aup de Véran) rendent compte de l'ancienne extension de la couverture gréseuse en grande partie nettoyée par l'érosion glaciaire au cours du Plio-Quaternaire.

Il existe trois grands faciès karstifiabiles (Urgonien, Sénonien et Priabonien) et deux niveaux subétanches principaux (Hauterivien et Albien), tous directement impliqués dans la karstification superficielle et profonde du massif. L'organisation hydrogéologique du Désert de Platé est simple. On discerne cinq bassins-versants individualisés correspondant aux grandes sources du massif (fig. 1) :

- Le bassin de Salles : S = 15 km² ; exutoire : émergence de Salles.
- Les Forts de Platé : S = 7 km² ; exutoire : émergence de Praz-Coutant.
- Le bassin de Flaine : S = 19 km² ; exutoire : émergence de Magland.
- La combe des Foges : S = 3 km² ; exutoire : émergence des Déchargeux.
- Le vallon de Gers : S = 7 km² ; exutoire partiel : émergence de la Scierie.

Sur l'ensemble de ces bassins-versants, les caractéristiques du réseau hydrique superficiel et souterrain ont été recensées (BUISSON-VODINH, 1988). Le bassin des Forts de Platé n'a pas fait l'objet de travaux antérieurs ni d'études de notre part. En complément, nous avons effectué en 1987 trois séries d'analyses physico-chimiques et bactériologiques sur huit sources de ces bassins-versants, soit :

- sur le bassin de Salles : les sources de la Barne Froide (inférieure), de Salles, de

Persée creative commons

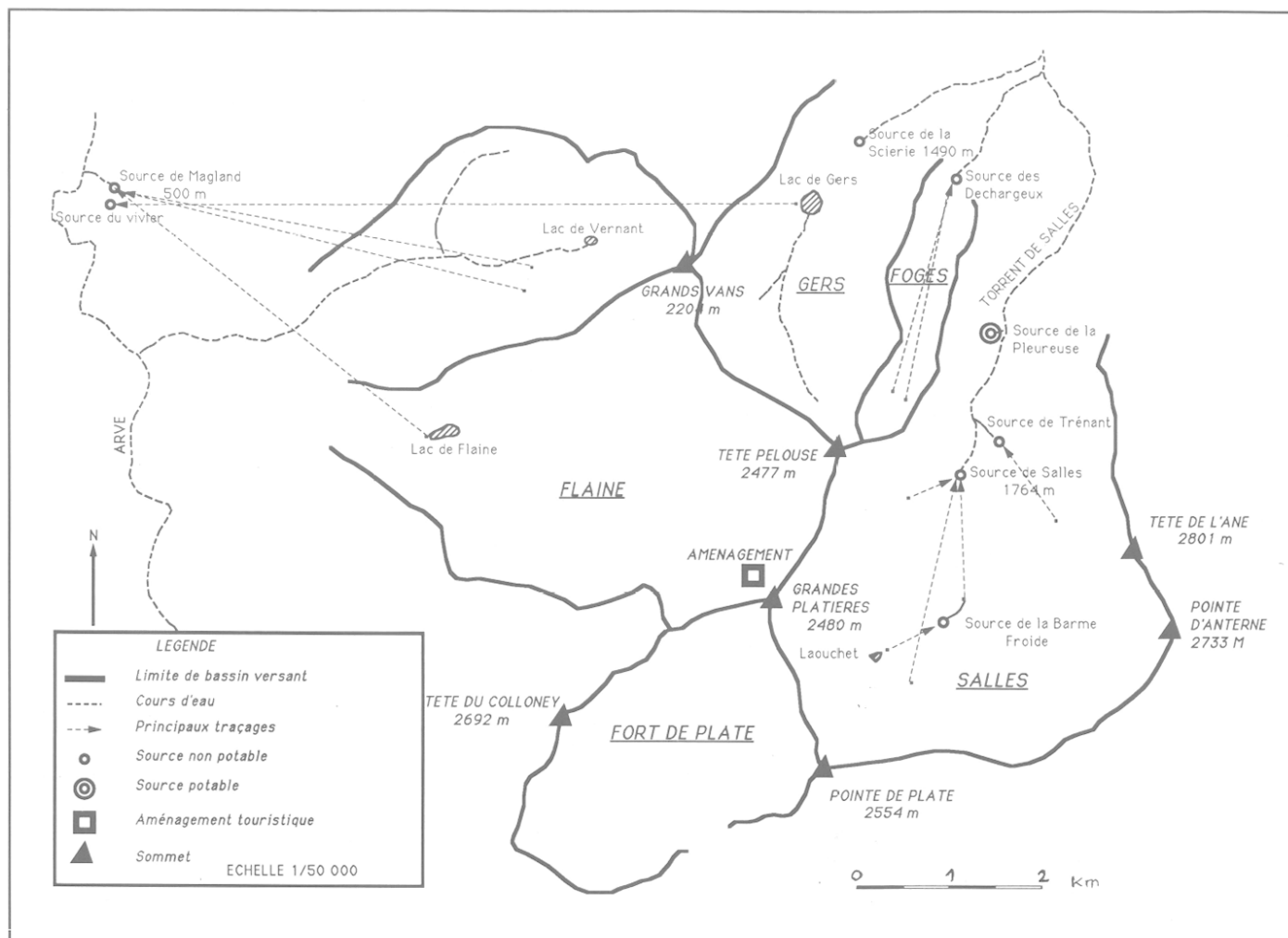


Figure 1 : Carte de situation des bassins-versants, des sources et des principaux traçages sur le domaine de Platé.
Situation map of catchments, springs and water tracings on Platé massif.

Trénant et de la Pleureuse ;

- sur le vallon de Gers : la source de la Scierie ;
- sur la combe des Foges : la source des Déchargeux ;
- la source de Magland : résurgence témoin située à l'aval du bassin de Flaine (station de ski) ;
- la source du Vivier à l'aval du vallon de Gers.

Les prélèvements ont été effectués à la fonte des neiges (le 24 mai et le 15 juin), en période d'été estival (les 23 et 30 août) et en période automnale (les 19 et 25 octobre). L'étude s'est poursuivie en 1988 par une série de cinq analyses bactériologiques réalisées de juin à octobre aux sources de Salles et de la Barne Froide (tableau 3).

◊ **La physico-chimie des eaux :** Lors d'études hydrogéologiques antérieures du domaine de Platé, diverses analyses physico-chimiques ont été réalisées : FAVRE (1976, 1978), MAIRE (1984), E.D.F. Réal-

Chambéry, SESIANO (1986). Nous avons choisi d'effectuer des analyses physico-chimiques comprenant entre autres l'analyse de sels minéraux issus de la dégradation des matières organiques. Les paramètres suivants ont été analysés : température de l'eau, pH, conductivité, matières en suspension totale (MEST), dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH), titre alcalin complet (TAC), calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^+), potassium (K^+), azote total, ammonium (NH_4^+), nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), phosphore total, phosphates (PO_4^{3-}), sulfates (SO_4^{2-}), chlorures (Cl^-), silice (SiO_2), oxygène dissous, azote particulaire et carbone organique particulaire (tableau 1 et 2).

◊ **La qualité bactériologique :** Aux mêmes sources, nous avons effectué des analyses bactériologiques qui n'existaient pas jusqu'à présent. Malgré leur caractère ponctuel, ces analyses apportent des informations sur la flore bactérienne d'origine tellurique et fécale. Ces germes sont d'excellents indicateurs de la pollution

organique humaine ou animale, mais ils constituent aussi de bons "traceurs" des systèmes karstiques. Les critères de potabilité des eaux ont été mesurés :

- dénombrement total des bactéries sur gélose nutritive après 24 h à 37°C et après 72 h à 20-22°C ;
- dénombrement des bactéries coliformes et des *Escherichia coli* (colibacilles) par colimétrie ;
- dénombrement des streptocoques fécaux.

Nous tenons compte ici des normes de potabilité retenues par le décret N°89-3 paru au Journal Officiel du 4-01-89 :

- l'eau est potable s'il y a absence totale des coliformes, colibacilles et streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau ;
- l'eau est impropre à la consommation si un seul de ces germes est présent.

Remarquons que ces nouvelles normes de potabilité sont plus sévères qu'autrefois, les qualificatifs de "suspect" ou "à surveiller" ayant été supprimés.

II. QUALITE DES EAUX SELON LES BASSINS-VERSANTS

Envisageons successivement la qualité des eaux karstiques des différentes unités hydrogéologiques à l'exception du bassin des Forts de Platé qui n'a pas été étudié.

A. QUALITE DES EAUX DU BASSIN DE FLAINE

Le bassin de Flaine est la plus grande unité hydrogéologique du domaine de Platé avec une forte densité de gouffres importants. Comme la station de sports d'hiver de Flaine/Arâches-les-Carroz s'étend sur l'ensemble de cette cuvette, il est important de connaître la qualité des eaux karstiques émergeant dans la vallée de l'Arve près de Magland au lieu-dit "Chez Party" (alt. 500 m). Des traçages ont mis en évidence ces circulations souterraines (SESIANO, 1985). La source du Vivier, située à proximité, est en relation avec le vallon de Gers (infra § B).

Le bassin-versant ayant une altitude moyenne d'environ 2100 m, la source présente un régime nival simple avec un maximum de fonte des neiges de début juin et un minimum en janvier-février. Compte-tenu des importantes variations saisonnières et de l'organisation du karst profond (réserves faibles), ces émergences connais-

sent un régime non pondéré avec un débit variant de 0,7 à 9 m³/s (SESIANO, 1989).

◊ **Qualité physico-chimique** : SESIANO (1989) met en évidence une amplitude thermique de 2,5 °C. La température de l'eau, qui fluctue ici de 7 à 7,8°C, est plus élevée qu'aux autres émergences (sauf la source du Vivier). La conductivité est forte (plus élevée que pour les autres sources) et présente un maximum en période d'étiage. Ces eaux sont essentiellement bicarbonatées calciques. On observe une concentration assez élevée en sulfates (que l'on ne note pas aux autres sources sauf au Vivier) et la présence de chlorures. D'après SESIANO (1989), ces sulfates proviennent de la décomposition des sulfures de fer présents dans les marnes du bassin-versant.

Si l'on considère les sels minéraux qui peuvent provenir de la dégradation des matières organiques (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates), seules les teneurs en nitrates (0,49 à 0,69 mg/l) et phosphates (0,013 à 0,021 mg/l) sont légèrement supérieures à celles observées aux autres sources (sauf au Vivier) et sans doute dues à l'urbanisation du massif ; toutefois celles-ci restent faibles. La teneur en oxygène dissous, plus faible en août, est peut-être due à une activité bactérienne plus importante. Les prélèvements effectués, trop ponctuels, ne permettent

pas de conclure pour l'instant à une pollution organique.

◊ **Qualité bactériologique** : D'après les critères de potabilité, la source de Magland est impropre à l'alimentation. Lors de chaque prélèvement, bien que le dénombrement total des bactéries soit relativement peu important (10 à 29 bact./ml), on note la présence de germes pathogènes (4 à 18 germes/ml) et parmi eux des germes témoins de contamination fécale récente (coliformes totaux, *Escherichia coli*, streptocoques fécaux). Il y a donc contamination des eaux de Magland par une activité humaine (villages, station de Flaine) et animale (troupeaux) sur le bassin-versant. Les germes d'origine fécale sont plus abondants lors de l'étiage estival, notamment les coliformes.

Rappelons que ces germes résistent mal dans l'eau et ne prolifèrent pas. D'après MÜLLER (1981), un temps de séjour élevé dans les eaux souterraines favorise la disparition des bactéries. Il note que la teneur en germes de *Streptococcus* et *Escherichia coli* diminue environ de 100 fois en vingt jours. De plus la survie des bactéries est liée non seulement à un temps de séjour plus ou moins prolongé dans les eaux souterraines, mais également à la présence ou à l'absence de certaines substances capables de les absorber.

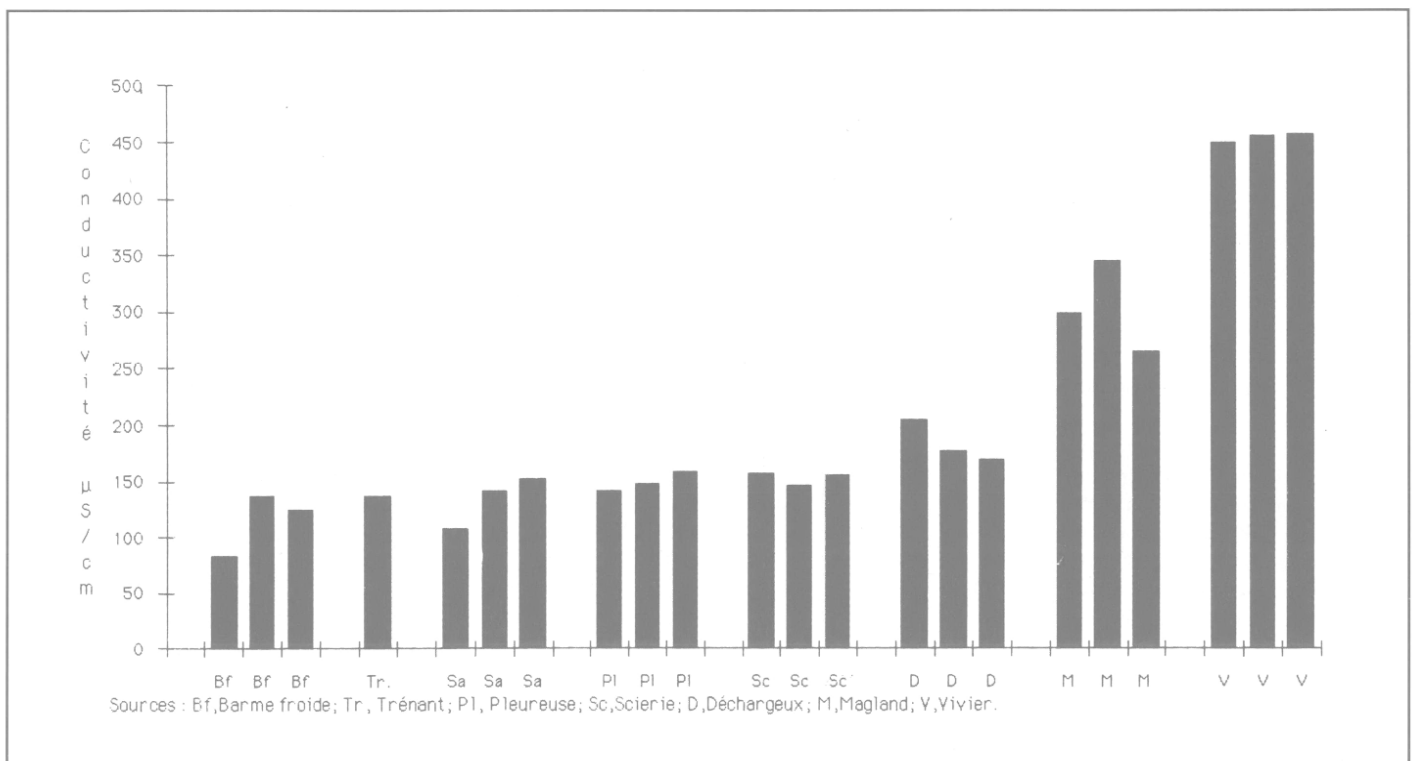


Figure 2 : Variations de la conductivité des sources de Platé en juin, août et octobre 1987.
Variations of the conductivity of the Platé springs.



Photo 1 :

Le dôme anticlinal des Grandes Platières (2480 m) et la gare supérieure du télécabine avec son restaurant. Derrière le bassin de Salles directement menacé par la vidange annuelle du bac de décantation des boues résiduaire.
Anticlinal dome of the "Grandes Platières" (2480 m) and the teleferic station with its restaurant. Behind the Salles area.

B. LE VALLON DE GERS

Le vallon de Gers se situe au N du massif de Platé, entre la Tête Pelouse (2474 m) et la vallée du Giffre (Sixt, 756 m), à une altitude moyenne de 1530 m. Le fond de cette cuvette est occupé par le lac de Gers. Ce secteur est demeuré loin des préoccupations des spéléologues en raison de l'ennoyage des calcaires au N et au NW sous l'épaisse série oligocène à matériel andésitique des Grès de Taveyannaz. Toutefois des dolines de soutirage, liées à la cryptokarstification des calcaires sous-jacents, ont été observées au S près du col Pelouse. Au fond du vallon, les sondages effectués par EDF-REAL de Chambéry (étude de site de barrage) ont prouvé l'existence d'une cuvette glacio-karstique colmatée par un remplissage fluvio-glaciaire de 50 à 60 m d'épaisseur masquant le surcreusement (MAIRE, 1986 et 1990). L'eau drainée par le bassin-versant réel alimente le lac de Gers, le torrent de Gers, les fuites situées sous le remplissage fluvio-glaciaire, la source de la scierie (en aval du vallon) et enfin la source du Vivier située très loin dans la vallée de l'Arve (fig. 1).

◊ **Rappel sur l'hydrologie du vallon de Gers :** Depuis novembre 1983, deux limnigraphes enregistreurs sont installés pour

le compte d'EDF-REAL (Chambéry) sur le torrent de Gers en amont et en aval de la source de la Scierie. La superficie du bassin-versant (7,09 km²) permet, à partir des débits enregistrés au limnigraphe aval, d'estimer la tranche d'eau écoulée annuellement. Pour les principaux éléments du bilan hydrologique, voir MAIRE (1986 et 1990, d'après les données d'EDF).

Le volume écoulé par l'émergence de la Scierie représente 60,8 % du volume écoulé par le torrent de Gers à la station aval, soit un module de 303 l/s. Compte tenu de l'altitude de la source (1490 m) et de sa situation une dizaine de mètres à peine en contre-bas du verrou, il apparaît clairement que son alimentation provient de l'aquifère contenu dans le remplissage fluvio-glaciaire de la cuvette de Gers. Les eaux de la nappe s'infiltrent au contact du Nummulitique calcaire et transitent vers la source de la Scierie par l'intermédiaire d'un aquifère calcaire fissuré de type noyé.

1. La source de la Scierie

◊ **Qualité physico-chimique :** Bien que cette émergence soit alimentée par une nappe contenue dans les alluvions fluvio-glaciaires, sa minéralisation est modérée et proche de celle de la Pleureuse. La circulation hypogée est relativement courte.

D'après SESIANO (1986), l'eau du lac de Gers est moins minéralisée que celle de la source de la Scierie (118 µS/cm). Signalons que le prélèvement du 23 août a eu lieu 1 h après le déclenchement d'un violent orage.

L'eau est essentiellement bicarbonatée calcique. Les teneurs en calcium, magnésium et chlorures sont comparables à celles de la source de Salles ; par contre les teneurs en sodium, potassium et silice sont supérieures et intermédiaires aux valeurs enregistrées à la source de Magland. D'après BLAVOUX (1981), les ions sodium et potassium, lors d'une crue, enregistrent un pic net et fugace et traduisent l'arrivée de l'eau du sol. Le taux de matières en suspension atteint une valeur maximale en août, de même que la teneur en azote et en carbone organique particulière. Ceci est dû à l'interférence d'eaux de ruissellement amenées par la pluie d'orage.

En août, la source de la Scierie enregistre les valeurs maximales en ammonium (0,09 mg/l), nitrites (0,09 mg/l) et phosphates (0,39 mg/l) de l'ensemble des prélèvements effectués sur les sources de Platé. Ces teneurs sont dues à la présence d'animaux (troupeaux de bovins et de caprins) sur l'impluvium. Les déchets organiques sont lessivés par les eaux, mais les teneurs restent faibles et ne caractérisent pas une pollution organique marquée. L'eau de la source de la Scierie est donc de bonne qualité physico-chimique.

◊ **Qualité bactériologique :** Celle-ci est variable selon les saisons. Le vallon de Gers est nettement plus fréquenté que la combe des Foges et le bassin de Salles. Il existe quelques chalets-refuges, mais surtout plusieurs troupeaux de bovins et caprins restent en alpage durant l'été (de juin-juillet à octobre). En août la source est fortement contaminée. La teneur en germes d'origine intestinale (coliformes, *Escherichia coli*, streptocoques) est la plus élevée de l'ensemble des analyses effectuées. Le rapport coliformes/streptocoques étant égal à 22, on lui attribue une origine animale.

A cette époque, c'est essentiellement le ruissellement des pluies d'orage véhiculant les déchets des troupeaux qui contamine l'eau de nappe alimentant en grande partie la source de la Scierie. En effet, en octobre, malgré la présence de quelques troupeaux sur le bassin-versant, l'eau est considérée comme potable.

Dans le Jura neuchâtelois, MÜLLER (1981) effectue les mêmes observations en période de crue :

"lorsque l'alimentation devient intense, une fraction importante des infiltrations s'effectue sous forme concentrée (ruissellements superfi-

Sources		Source de la Scierie			Source des Déchargeux			Source de Magland			Source du Vivier		
Date		25-05	23-08	19-10	25-05	23-08	19-10	25-05	23-08	25-10	25-05	23-08	25-10
Altitude	m	1490	1490	1490	1370	1370	1370	500	500	500	500	500	500
Débit	m ³ /s	0,5	0,27	0,237	-	≈ 0,02	≈ 0,02	-	-	-	-	-	-
T. eau	°C	4,6	4,3	4	5,1	4,5	4	7,6	7,8	7	9,2	8,5	9
pH labo		7,2	8,12	8,01	7,53	8,18	7,95	7,51	7,82	7,84	7,7	7,71	7,73
C. labo	µS/cm	157	146	156	205	177	169	298	345	264	448	454	457
MEST	mg/l	0,8	10	0,9	0,5	≤1	1	1,1	≤1	1,4	<0,2	≤1	3
TH	°f	7,87	7,45	7,45	10,6	9,58	8,91	14,8	17,9	13,47	22,3	24,2	23,5
TAC	°f	6,85	6,75	7,2	9,5	8,6	8,5	11,75	13,55	11,45	16,55	17,1	17,2
Ca ²⁺	mg/l	29,7	28,1	28	38,9	34,4	32,9	53,1	62,1	48,4	75,6	80,9	78,9
Mg ²⁺	mg/l	1,15	1,1	1,15	2,35	2,4	1,75	3,85	5,9	3,35	8,45	9,75	9,2
Na ⁺	mg/l	0,9	0,95	0,95	0,4	0,45	0,4	3,35	4,45	2,6	6,85	6,7	7,4
K ⁺	mg/l	0,35	0,5	0,35	0,15	0,15	0,15	0,65	0,85	0,55	1,05	1,2	1,2
N total	mg N/l	0,49	0,461	0,31	0,36	0,314	0,3	0,76	0,765	0,56	0,96	0,839	0,88
NH ₄ ⁺	mg/l	0,001	0,009	0	0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0	0,003	0,002	0,002
NO ₂ ⁻	mg/l	0	0,009	0	0	0,0004	0	0	0,001	0,001	0	0	0
NO ₃ ⁻	mg/l	0,46	0,28	0,29	0,29	0,19	0,23	0,69	0,62	0,49	0,84	0,68	0,83
Ptotal	mgP/l	0,005	-	0,009	0,004	-	0,007	0,031	-	0,013	0,01	-	0,009
Portho	mgP/l	0,005	0,039	0	0,004	0,008	0,003	0,021	0,019	0,013	0,007	0,002	0,006
SO ₄ ⁻⁻	mg/l	8,8	9	8,4	10,4	10,5	7,4	28	40,5	20	60	60,5	66
Cl ⁻	mg/l	0,68	0,3	0,2	0,67	0,3	0,3	4,7	6,3	3,5	8,6	10	10,8
SiO ₂	mg/l	4,8	4,5	4,52	2,13	2,28	2,08	4,34	4,42	3,28	7,8	6,32	6,24
O ₂	mg/l	10,8 labo	10,35	10,89	10,58 labo	9,98	10,57	10,28 labo	8,03	10,42	7,91 labo	5,96	6,4
Nparticulaire	µgN/l	8	53	2	14	11	11	33	8	7	10	5	5
C org. part.	µgC/l	47	405	7	53	47	35	126	68	37	43	21	16

Tableau 1 : Analyses physico-chimiques effectuées de mai à octobre 1987 pour les exutoires des bassins-versants de Flaine (Magland), de Gers (Scierie et Vivier) et de la combe des Foges (Déchargeux).
Physico-chemical analysis from may to october 1987 for the springs of Magland (Flaine catchment), Scierie and Vivier (Gers), Déchargeux (combe des Foges).

Sources		Source de la Barne Froide			Scie de Trénant	Source de Salles			Source de la Pleureuse		
Date		15-06	30-08	25-10	30-08	15-06	30-08	25-10	15-06	30-08	25-10
Altitude	m	2040	2040	2040	1800	1764	1764	1764	1450	1450	1450
Débit	m ³ /s	0,2 à 0,3 ≈	-	-	-	4 à 5 ≈	-	-	-	-	-
T. eau	°C	2,3	9	4	11,5	2,8	2,5	3	3,8	4,5	4
pH labo		8,1	8,91	7,6	8,23	7,98	8,29	7,8	7,97	8,28	8
C. labo	µS/cm	84	137	125	137	108	141	153	141	148	159
MEST	mg/l	0,3	<0	3,5	4	1,2	2	6	<0,2	0	3,5
TH	°f	4,02	7,97	5,54	7,73	5,57	8,12	7,8	7,2	8,2	8,35
TAC	°f	4,35	7,95	5,45	7,2	5,15	7,35	7,25	6,7	7,5	7,25
Ca ²⁺	mg/l	15,6	31	21,7	29,2	21,4	29,8	28,7	26,6	30,4	30,8
Mg ²⁺	mg/l	0,3	0,55	0,35	1,05	0,55	1,65	1,6	1,35	1,5	1,6
Na ⁺	mg/l	≤0,05	0,1	0,05	0,25	0,05	0,2	≤0,05	0,2	0,2	0,15
K ⁺	mg/l	≤0,05	0,05	0,2	0,1	0,05	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05
N total	mg N/l	0,13	0,16	0,19	0,139	0,17	0,19	0,21	0,2	0,23	0,19
NH ₄ ⁺	mg/l	0,003	0,007	0,004	0,008	0,001	0,006	0,001	0,001	0,002	0,003
NO ₂ ⁻	mg/l	0	0,0007	0,001	0,001	0	0	0	0	0	0
NO ₃ ⁻	mg/l	0,08	0,05	0,07	0,06	0,14	0,13	0,11	0,18	0,16	0,16
Ptotal	mgP/l	0,005	-	0,045	-	0,014	-	0,013	0,005	-	0,007
Portho	mgP/l	0,005	0,001	0,026	0,012	0,013	0,001	0,008	0,005	0,003	0,005
SO ₄ ⁻⁻	mg/l	19,5	11	10	10	20	11,5	12	20	10	12
Cl ⁻	mg/l	1,4	0,07	0,5	0,08	1,4	0,08	0,3	1,4	0,09	0,2
SiO ₂	mg/l	0,34	0,76	0,6	1,26	0,77	1,41	0,68	1,26	1,18	1,16
O ₂	mg/l	-	9,45	10,9	9,23	-	11,06	11,1	-	10,53	10,8
Nparticulaire	µgN/l	-	17	19	15	-	10	13	-	11	3
C org. part.	µgC/l	-	80	87	69	-	32	76	-	33	10

Tableau 2 : Analyses physico-chimiques effectuées de mai à octobre 1987 pour les exutoires du bassin-versant de Salles (Barne Froide, Trénant, Salles) et de la Pleureuse (bassin inconnu).
Physico-chemical analysis from may to october 1987 for the springs of Barne Froide, Trénant and Salles (Salles catchment), and Pleureuse (unknown catchment).

ciels) dans des pertes et gagne rapidement le réseau, puis les exutoires. Cette circulation rapide véhicule une pollution naturelle à laquelle s'ajoute une pollution anthropogène et rend la qualité des eaux aux émergences particulièrement médiocre lors des crues....

En période de basses eaux, la qualité bactériologique de la plupart des sources karstiques s'améliore considérablement."

En mai et en période de basses eaux (octobre), la contamination de la source est très faible voire nulle. De même la flore

bactérienne d'origine tellurique est peu abondante (11 à 13 bact./ml). Il semble donc que la relative bonne qualité de l'eau en période d'étiage soit liée à une première filtration de l'eau dans les alluvions fluvioglaciales de la nappe. Elle diffère en

ce sens des sources d'origine typiquement karstiques.

2. La source du Vivier

La source du Vivier se situe à 500 m d'altitude, à quelques mètres des sources de Magland (dites de "Chez Party"). Le transit souterrain, prouvé par le traçage de SESIANO (1989), est de plus de 8 km en ligne droite (fig. 1).

◊ **Qualité physico-chimique** : Les caractéristiques du Vivier diffèrent totalement des autres sources de Platé. La température de l'eau, beaucoup plus élevée, varie de 8,5 à 9°C et traduit un temps de séjour au sein du massif plus long de même qu'une aire d'alimentation moins élevée. La minéralisation est forte et atteint une valeur maximale en automne (457 $\mu\text{S}/\text{cm}$). L'eau est essentiellement bicarbonatée ; toutefois la dureté totale (22 à 24°F) est supérieure au titre alcalin complet (16,5 à 17,2°F). Ceci est dû à la présence d'une forte teneur en sulfates (60 à 66 mg/l) et accessoirement à une plus forte teneur en chlorures (10,8 mg/l en octobre).

Les concentrations en calcium, magnésium, sodium, potassium, azote total, chlorures et silice sont nettement supérieures à celles des autres sources. Au cours de sa longue circulation hypogée, l'eau s'enrichit en sels minéraux par dissolution au contact de la roche. La teneur en nitrates est plus élevée (0,84 mg/l en mai et en octobre). Bien que cette valeur soit très faible, elle pourrait trahir une légère pollution organique de l'eau d'infiltration et s'expliquerait au niveau du lac de Gers par la présence de canards et troupeaux environnants. La forte désoxygénation de l'eau, particulièrement en août, s'expliquerait par une activité bactérienne aérobie et la circulation de l'eau à travers un réseau noyé.

Ces caractéristiques physico-chimiques sont en relation avec une circulation lente à travers la nappe phréatique contenue dans le remplissage fluvio-glaciaire et un réseau noyé probable pour le transfert ultérieur.

◊ **Qualité bactériologique** : En mai, les chalets de Gers sont inoccupés, les troupeaux ne sont pas encore montés et l'eau est rendue non potable par la présence d'un seul coliforme. Par contre la contamination fécale de cette source est nette en août à une époque où l'activité animale et humaine est importante autour du lac de Gers. Elle reste toutefois très inférieure à celle de la source de la Scierie. En effet la crue d'orage déclarée trois heures plus tôt, n'a pas encore atteint cette émergence.

SESIANO (1989) estime à environ deux semaines le temps de transit entre le lac de Gers et la source du Vivier.

C. LE BASSIN DE SALLES

Situé entre le dôme des Grandes Platières et les Rochers des Fiz, le bassin de Salles forme une large gouttière synclinale surcreusée en son centre par le vallon de Salles. Cette unité d'une superficie de 14 km² culmine à 2804 m à la Tête de l'Ane. On recense les sources suivantes (FAVRE, 1976, 1978) : Barme Froide (5 l/s), Cascade du Trénant (10 l/s) et Salles (0,5 m³/s) qui constitue le principal exutoire. Des pertes importantes sont situées en amont des chalets, au plan de Salles.

L'émergence de Salles débite entre 10 et 3000 l/s (FAVRE, 1976, 1978) et se caractérise par de forts débits à une altitude de 1764 m. Elle présente un régime de type nival avec un maximum de fin juin-début juillet dû à l'altitude moyenne élevée du bassin-versant (2280 m). L'étiage se situe au cœur de l'hiver (janvier-février). Il y a une période de basses eaux relative au mois d'août-septembre. Certaines années, à la fin de l'été, le torrent de Salles disparaît dans les alluvions vers 1550 m d'altitude. La cascade de la Pleureuse, elle, ne

semble pas se tarir. Il serait intéressant de savoir si cette cascade située en aval du torrent de Salles est la résurgence d'une infiltration du torrent ou l'émergence d'un système karstique indépendant.

Les sources du bassin de Salles, alimentées par un bassin-versant d'altitude élevée (1764 à 2804 m), émergent après une circulation souterraine relativement courte. FAVRE note que la vitesse de circulation des eaux entre la perte du Plan de Salles et la source de Salles est de 1 h 15 mn, soit une vitesse très élevée de 1440 m/h (0,4 m/s).

Comme il est nécessaire de traverser le torrent de Salles pour accéder à la cascade de Trénant, le prélèvement n'a été réalisable qu'en période de basses eaux.

Qualité des sources de la Barme Froide, de Salles, de la Pleureuse et de Trénant

◊ Physico-chimie des eaux

- **La température** : Elle est froide, presque constante et varie de 2,5 à 3°C à la source de Salles. Elle est légèrement plus élevée (3,8 à 4,5°C) à la Pleureuse.

- **Le pH** : Il est légèrement plus élevé lors de l'étiage estival et atteint une valeur maximale de 8,9 à la Barme Froide.



Photo 2 :

La cascade de Salles légèrement en aval de l'émergence. (crue de fonte des neiges en juin 1987, débit de plus de 3 m³/s).

The Salles waterfall in June 1987 during the melting snow (3 m³/s).

	Dénombrement total des bactéries		Bactéries coliformes Nbre / 100 ml	Escherichia coli Nbre / 100 ml	Streptocoques fécaux Nbre / 100 ml	Qualité de l'eau
	Après 24h à 37°C Nbre / ml	Après 72h à 20-22 °C Nbre / ml				
Source de la Barme Froide						
En 87, le 15-06	0	208	0	0	0	Potable
le 30-08	-	-	24	15	5	Impropre à l'alimentation
le 25-10	45	1160	53	14	36	Impropre à l'alimentation
En 88, le 01-06	-	-	0	0	0	Potable
le 20-06	0	0	0	2	2	Impropre à l'alimentation
le 25-07	0	11	0	1	0	Impropre à l'alimentation
le 24-08	20	-	4	5	0	Impropre à l'alimentation
le 25-10	0	20	0	2	0	Impropre à l'alimentation
Source de Salles						
En 87, le 15-06	304	855	3200	100	490	Impropre à l'alimentation
le 30-08	-	-	19	15	5	Impropre à l'alimentation
le 25-10	13	910	25	11	22	Impropre à l'alimentation
En 88, le 01-06	-	-	0	0	0	Potable
le 20-06	0	1	2	2	0	Impropre à l'alimentation
le 25-07	98	16	84	57	4	Impropre à l'alimentation
le 24-08	12	-	60	24	4	Impropre à l'alimentation
le 25-10	0	10	4	4	4	Impropre à l'alimentation
Source de la Pleureuse						
le 15-06	0	34	0	0	0	Potable
le 30-08	-	-	0	0	0	Potable
le 25-10	0	10	0	0	0	Potable
Source de Trénant						
le 30-08	-	-	17	3	13	Impropre à l'alimentation
Source des Déchargeux						
le 25-05	0	7	0	0	0	Potable
le 23-08	-	-	546	513	3	Impropre à l'alimentation
le 19-10	1	26	20	0	0	Impropre à l'alimentation
Source de la Scierie						
le 25-05	1	13	6	2	0	Impropre à l'alimentation
le 23-08	-	-	12102	3347	550	Impropre à l'alimentation
le 19-10	2	11	0	0	0	Potable
Source de Magland						
le 25-05	4	10	105	82	13	Impropre à l'alimentation
le 23-08	-	-	610	549	86	Impropre à l'alimentation
le 19-10	18	29	90	32	198	Impropre à l'alimentation
Source du Vivier						
le 25-05	3	2	1	0	0	Impropre à l'alimentation
le 23-08	-	-	140	69	50	Impropre à l'alimentation
le 25-10	11	72	4	0	2	Impropre à l'alimentation

Tableau 3 : Analyses bactériologiques pour l'ensemble des sources en 1987 et 1988.
Bacteriological analysis in 1987 and 1988 for the different springs.

- La minéralisation : La conductivité, faible à modérée, présente un minimum à la fonte des neiges (84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la Barme Froide) et une valeur plus élevée lors de l'étiage estival. Elle augmente également (159 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la Pleureuse en octobre) lors du lessivage des sols par les pluies d'orage. La circulation souterraine des eaux étant courte, les teneurs en calcium, magnésium, sodium, potassium, azote total, sulfates, chlorures et silice sont inférieures à celles relevées aux sources de Magland, du Vivier et du Déchargeux. Elles sont plus comparables à celles de la source de la Scierie (fig. 2). Les teneurs en sulfates présentent un maximum à la fonte des neiges.

Pour les eaux karstiques, BLAVOUX (1981) note que les ions sulfates et la silice accompagnent certainement les eaux d'infiltration rapide puisqu'ils enregistrent une hausse immédiatement après la

pointe de crue. La teneur en chlorures est également légèrement supérieure lors de la fonte des neiges.

La source de la Barme Froide présente en juin les plus faibles teneurs en sels minéraux du bassin-versant. Cette source est alimentée en partie par la perte des Laouchets de Platé ; or SESIANO montre que ces lacs sont très faiblement minéralisés, la conductivité les Laouchets supérieur et inférieur étant respectivement de 39,3 et 14,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La source de Salles n'est que très légèrement plus minéralisée. FAVRE (1978) montre que dans cette zone les chenaux sont bien développés et qu'il existe un collecteur principal.

La source de la Pleureuse présente une minéralisation plus constante et ne semble pas sensible, en juin, à la dilution par la fonte des neiges. Elle n'est que légèrement

plus minéralisée que la source de Salles. On ne peut pas dire que la Pleureuse soit une résurgence du torrent de Salles.

- Les matières en suspension : Les teneurs sont très faibles et n'augmentent qu'en automne lors du lessivage des sols par de violentes averses.

- Le cycle de l'azote et les phosphates : Ces paramètres ont, pour l'ensemble de ces sources, des valeurs très faibles qui varient peu au cours des saisons.

Aux sources de Salles et de la Pleureuse, seules les teneurs en nitrates sont légèrement supérieures à celles relevées à la Barme Froide et à Trénant. La teneur maximale est notée à la Pleureuse en juin (0,18 mg/l). Ces valeurs restent toutefois très faibles.

◇ Bactériologie des eaux :

- Source de la Pleureuse : C'est la seule source reconnue potable lors des trois prélèvements. On note la présence d'une flore bactérienne d'origine tellurique, mais aucun germe pathogène ni témoin d'une contamination fécale récente. Si le torrent de Salles alimente la source de la Pleureuse, on devrait retrouver des traces des contaminations fécales relevées à Salles, surtout si la relation entre les deux se fait par une circulation de type karstique. Pour que cette contamination disparaisse, il faudrait que les terrains traversés aient un pouvoir filtrant important. Ces résultats tendraient à montrer que la cascade de la Pleureuse est alimentée par une circulation souterraine indépendante du torrent de Salles.

- Cascade de Trénant : On a mesuré une légère contamination fécale. Compte-tenu de la difficulté d'accès de son bassin-versant, cette contamination est d'origine animale (troupeaux).

- Source de la Barme Froide : Cette source a été étudiée en 1987 et 1988. Début juin, aucun germe pathogène ou témoin d'une contamination fécale récente n'est dénombré. L'eau est potable malgré la présence en 1987 d'une flore bactérienne aérobie. En août et en septembre, apparaissent des germes témoins d'une contamination fécale récente. D'après l'hypothèse de GUELDEREICH, le rapport coliformes fécaux sur streptocoques fécaux étant supérieur à 1, la contamination serait d'origine humaine. Celui-ci considère en effet que dans les intestins humains les coliformes fécaux sont plus abondants que les streptocoques fécaux contrairement à la flore animale.

Cette contamination peut être due à une fréquentation touristique vers les lacs des Laouchets. Toutefois les teneurs en coliformes fécaux, colibacilles et streptocoques fécaux ne sont pas élevées. Les mêmes observations sont faites en 1988. En automne, le lessivage des terrains par un fort orage apporte une flore bactérienne saprophyte d'origine tellurique abondante (1160 bact./ml). Parmi cette flore seuls 53 germes (pour 100 ml) sont pathogènes. La source de la Barme Froide ne présente pas de forte contamination bactériologique, mais toute présence humaine ou animale sur son bassin-versant est susceptible de la rendre impropre à la consommation.

- La résurgence de Salles : Cette source a été étudiée en 1987 et 1988. En 1987, l'eau est impropre à l'alimentation. La flore bactérienne saprophyte est abondante, notamment en octobre quand des pluies

d'orage ont lessivé les terrains. En août et en octobre, la source est contaminée par la fréquentation humaine et animale du bassin de Salles. En juin les résultats sont surprenants. Parmi la flore bactérienne totale, on note un **nombre important de germes pathogènes** (304/ml). Compte-tenu du fort débit (5 m³/s), le nombre de bactéries témoins d'une contamination fécale récente est très élevé (3200 coliformes/100 ml et 490 streptocoques fécaux/ml).

Le rapport coliformes sur streptocoques étant ici égal à 6,5, on peut considérer que la contamination est d'origine humaine. Or il n'y a pas d'activité humaine sur le bassin-versant. De plus cette contamination est récente puisque l'on sait que les colibacilles disparaissent dans l'eau au bout de trois semaines. La seule origine possible serait une contamination en provenance de l'aménagement des Grandes Platières à 2480 m (télécabine, restaurant d'altitude).

En 1988, les contaminations fécales qui atteignent la source de Salles en juillet et août ne transitent pas par la source de la Barme Froide et proviennent d'une autre partie du bassin. La flore bactérienne est pratiquement absente en juin, mais plus abondante en juillet-août. La flore d'origine tellurique est peu abondante, la sécheresse de l'été n'ayant pas favorisé le drainage des sols. Une flore pathogène d'origine fécale récente est présente en juillet-août. Sachant que l'activité touristique des Grandes Platières dure de décembre à avril, cette contamination ne peut provenir que du bassin de Salles lui-même.

La très forte pollution bactériologique de la résurgence de Salles relevée en juin 1987 n'a pas été retrouvée en 1988. Toutefois, compte-tenu de la ponctualité des prélèvements bactériologiques, ces analyses n'excluent pas l'existence d'une pollution chronique. En juin 1987, le bassin de Salles était sous la neige et vierge de toute activité. Une hypothèse est donc formulée concernant l'origine de cette contamination. A une altitude supérieure, seule la gare supérieure du téléphérique des Grandes Platières offre une activité touristique importante (infra III : discussions).

D. LA COMBE DES FOGES

Située au N du massif, parallèlement au vallon de Gers, la combe des Foges constitue le plus petit bassin-versant de Platé (3 km²). Le principal exutoire est la source du Déchargeux (altitude, 1370 m, débit moyen = 200 l/s environ) (fig. 1).

◇ **Qualité physico-chimique** : La température de l'eau est froide et constante (4 à 5°C). La conductivité, de 169 à 205 µS/cm, est modérée pour une région calcaire.

Contrairement aux autres sources, elle présente un maximum en mai (205 µS/cm) dû à l'altitude élevée du bassin-versant (1800 à 2300 m). A cette époque, ce n'est que le début de la fonte des neiges. Les teneurs en calcium, magnésium, sodium et potassium sont intermédiaires entre celles relevées aux sources du bassin de Salles et celles des sources de Magland et du Vivier.

Les teneurs en sels minéraux du cycle de l'azote (ammonium, nitrites, nitrates) et en phosphates sont très faibles et ne révèlent aucune trace de pollution organique sur le bassin.

◇ **Qualité bactériologique** : La flore d'origine bactérienne est peu abondante (de 7 à 26 germes/ml). La source du Déchargeux ne subit pas de contamination fécale importante. En mai l'eau est potable. Toutefois, cette source est extrêmement sensible à toute contamination. Ainsi, en août on note la présence de coliformes fécaux et du colibacille *Escherichia coli* apportés par les pluies lors du lessivage des terrains. Ces germes témoignent d'une présence animale ou humaine sur le bassin-versant. En effet, la combe de Foges abrite durant l'été environ 1000 moutons. Dans les mêmes conditions atmosphériques, le dénombrement des coliformes fécaux à la source de la Scierie est bien supérieur. En octobre l'eau est non potable, mais les coliformes fécaux sont peu abondants. Comme les autres sources, l'exurgence des Déchargeux est contaminée ponctuellement par la présence de troupeaux sur son aire d'alimentation.

III. ORIGINE DES CONTAMINATIONS ET DISCUSSIONS

La bactériologie des émergences a été étudiée d'un point de vue potabilité des eaux. Ces analyses sont ponctuelles et trois analyses espacées sur six mois ne permettent pas de conclure définitivement à la potabilité d'une source. Toutefois ces résultats nous donnent une première indication. En effet, seule la cascade de la Pleureuse est considérée à chaque période comme indemne de toute contamination fécale. Toutes les autres sources, quelle que soit la fréquentation de leur bassin-versant, sont polluées par des excréments d'origine humaine ou animale. La contamination bactérienne de ces sources augmente lors d'arrivées d'eau d'infiltration rapide due à une crue. Lors des orages, l'eau de ruissellement lessive les terrains et véhicule de nombreux déchets.

La pollution anthropique la plus remarquable est celle qui est en relation avec la grande station touristique de



Photo 3 : Les eaux souterraines de Platé présentent une circulation libre souvent cascadante (galerie d'entrée de la perte de Rivière Enversée). Malgré la bonne oxygénation de ces eaux, l'autoépuration naturelle n'a pas le temps d'intervenir en raison du transit rapide jusqu'aux sources (1 à 3 jours).

The subterranean waters of Platé have a free circulation with a good oxygenation. But the natural purification is not possible because of the quick circulation of waters underground (1-3 days).

Flaine. Rappelons que le bassin de Salles est sur le territoire de la Réserve Naturelle de Sixt ; or c'est justement sur ce bassin-versant, que les contaminations des eaux sont les plus remarquables. Pour mieux analyser ces résultats, nous avons recensé les activités pastorales et touristiques sur le bassin de Salles lui-même, mais aussi aux Grandes Platières. En voici les résultats :

◊ **Activité humaine et pastorale sur le bassin de Salles** : De mi juillet à fin août, un troupeau de 59 moutons, 18 vaches et 3 chevaux pâturent sur le plateau des Salamanes, au pied de la Pointe d'Anterne. En outre, la combe des Foges abrite environ 1000 moutons. Une certaine passe régulièrement dans la "combe de Pierre Carrée", située au-dessus du Pas de

Salles et vraisemblablement sur le bassin de Salles. Cette présence animale constitue une source de pollution bactériologique sur le bassin de Salles.

Les "Chalets de Salles" sont constitués d'un refuge et de 24 chalets privés. Ces chalets sont occupés durant l'été de manière irrégulière. Ils n'ont pas de système d'assainissement sauf un ou deux WC, mais compte-tenu de leur fréquentation, ils ne paraissent pas représenter une source de contamination sensible. D'après son propriétaire Mr Roland MOGENIER, le refuge de Salles est équipé d'une fosse septique et d'un puits perdu dont le rejet s'infiltré dans une fracture de l'Urgonien. Le refuge est utilisé de juillet à septembre. Sa fréquentation est estimée à 1000 nuitées pendant l'été plus la fréquentation journalière. Situé sur le bassin-versant de la source de Salles, le refuge ainsi que les troupeaux recensés contribuent certainement à l'augmentation de la flore intestinale observée en juillet-août à l'exutoire.

◊ **Activité touristique des Grandes Platières** : La gare supérieure du télécabine des Grandes Platières fonctionne de la mi-décembre à fin avril. Elle abrite un bar-restaurant dont la capacité est prévue pour accueillir 10 000 personnes/jour. Les jours d'affluence 12 000 personnes fréquentent cet établissement et environ 3 000 utilisent les toilettes. On estime à 39 000 les personnes utilisant les toilettes par hiver. Cette installation est équipée du système d'assainissement suivant : un bac de décantation et épuration des eaux usées par transformation et fermentation en boues. Pour son bon fonctionnement, ce système est enfermé et chauffé. L'écoulement de l'eau se fait à travers une crevasse du karst.

Si cette installation n'est pas sursaturée et fonctionne correctement malgré les difficultés liées à l'altitude et au froid, la source de pollution devrait être assez faible. Cependant, une telle installation nécessite une vidange annuelle. Celle-ci est nécessairement réalisée après la saison hivernale et la transformation des déchets en boues. Ce lessivage des boues constitue alors une importante source de pollution bactériologique.

En 1987, la vidange du bac de décantation a été réalisée en juin ; elle peut expliquer la contamination détectée à la résurgence de Salles malgré les fortes crues. Cette hypothèse est plausible compte tenu de la proximité de l'installation et de son exutoire du bassin-versant de Salles. Elle mériterait d'être vérifiée par un traçage effectué à partir de la vidange du bac de décantation.

◇ **Comportement général du karst par rapport aux pollutions organiques :** Rappelons que le karst d'altitude n'a pratiquement aucun pouvoir d'autoépuration naturelle. Le principe consiste dans la fermentation ou oxydation des matières organiques par des microorganismes en milieu généralement aérobie pour aboutir à des matières minérales.

Or, si l'oxygénation est généralement bonne dans les réseaux souterrains de montagne (circulations libres cascades), en revanche le temps de séjour est trop court et ne dépasse guère quelques jours. En effet les glucides ne sont détruits qu'au bout de vingt jours et les protéines ne se transforment complètement en nitrates qu'après plusieurs semaines. Dans le cas des circulations lentes, en zone noyée, la fermentation en anaérobiose a plutôt tendance à empoisonner le milieu en dégageant du méthane et des sulfures.

Au total, l'autoépuration naturelle est donc un processus qui ne trouve pas, et de loin, de bonnes conditions en milieu karstique alpin. Si la liste est longue à propos de la pollution des eaux souterraines karstiques de basse et moyenne montagne, on constate que la haute montagne calcaire n'est plus à l'abri avec le développement des aménagements touristiques depuis une trentaine d'années.

Dans le cadre d'une thèse de médecine, ESMENJAUD (1978) avait déjà montré un aspect symptomatique de la pollution karstique en Vanoise, à savoir "le risque de pollution bactérienne des captages d'eau d'alimentation par les refuges de montagne", cas du refuge Felix Faure au-dessus de Pralognan, du moins à cette époque. Signalons aussi, entre autres, le célèbre karst d'altitude de la Pierre Saint-Martin, dans les Pyrénées-Atlantiques, dans lequel un véritable "égoût souterrain" a été découvert dans le réseau B3 (Bourrugues) par les spéléologues, sans doute en relation avec la station touristique implantée sur le karst (d'après R. MAIRE et l'ARSIP).

CONCLUSION

En raison de la haute altitude des bassins d'alimentation caractérisée par la faiblesse des sols et une carence en CO₂ biogénique, les sources du massif de Platé sont faiblement à modérément minéralisées (de 84 à 200 µS/cm). La plus forte minéralisation des sources de Magland et du Vivier (298 à 457 µS/cm) est due à une circulation hypogée plus longue et probablement un apport d'eau venant des karsts forestiers. Sur le domaine de Platé, seul le bassin de Flaine abrite une population

importante et offre de nombreuses activités touristiques. Sur les autres bassins-versants, on note la présence de quelques chalets d'alpage et troupeaux.

Les teneurs en ammonium, nitrites, nitrates et phosphates sont très faibles. Bien que ces valeurs soient légèrement plus élevées aux sources de Magland et du Vivier, elles ne sont pas significatives d'une pollution organique. Cependant ces analyses ont un caractère ponctuel et durant la saison 1987 il n'y a pas eu d'étiage estival marqué, période la plus sensible aux pollutions organiques.

Enfin, on voit comment l'aménagement des Grandes Platières est à l'origine probable d'une pollution ponctuelle, mais néanmoins importante, de l'émergence de Salles, l'une des plus grosses du massif. Les analyses bactériologiques soulignent l'extrême sensibilité des sources à toute présence humaine ou animale. Sur ce karst haut-alpin à infiltration rapide, les systèmes karstiques n'ont aucun pouvoir filtrant. Toute fréquentation traditionnelle du massif (chalets d'alpage, troupeaux) rend déjà les eaux impropres à la consommation, aussi aucun aménagement de masse ne peut-il se faire sans avoir de conséquences sur la qualité bactériologique de l'eau et compromettre son utilisation à l'aval.

Remerciements :

- Les analyses bactériologiques ont été effectuées en 1987 par le *Laboratoire Départemental d'Analyses des Eaux de Chambéry* et par le *Laboratoire des Eaux du Centre Hospitalier d'Annecy*. Nous remercions ces deux organismes pour leur collaboration.

- Les analyses physico-chimiques ont été faites par le *Laboratoire d'Analyses Physico-chimiques de l'INRA* (Station d'Hydrobiologie lacustre à Thonon-les-Bains) que nous tenons à remercier et plus particulièrement son directeur Monsieur J.-P. BLANC.

- Mr ANTHOINE a fait les prélèvements sur le terrain en 1988, je le remercie pour son aide efficace.

- Mme Yvette BOUVET (Univ. Claude Bernard de Lyon) a revu le manuscrit.

- Enfin, ma reconnaissance va au *Comité Scientifique des Réserves Naturelles de Haute-Savoie* qui a financé ce travail et m'en a confié la réalisation.

BIBLIOGRAPHIE

BLAVOUX, B. (1981) L'eau dans le karst : les différentes composantes de l'écoule-

ment et leur participation au débit à l'exutoire en crue et en étiage. *Actes du 1er colloque national sur la protection des eaux souterraines karstiques*, Besançon avril 1980 p. 58-81.

BUISSON, J. (1987) Inventaire bibliographique des travaux effectués sur les massifs de Platé, Flaine et en partie du Haut-Giffre. *Comité Scient. des Rés. Nat. de Haute-Savoie*, 47 p.

ESMENJAUD, I. (1978) Prévention du risque de pollution bactérienne des captages d'eau d'alimentation par les refuges de montagne. *Thèse de Médecine, Grenoble* (Domaine de la Merci, La Tronche).

FAVRE, G. (1976) Etude hydrogéologique du bassin de Salles (Sixt, Haute-Savoie). *Diplôme, Lab. Hydrol. Neuchâtel, Lab. Géol. Univ. Genève*, 149 p.

FAVRE, G. (1978) Hydrogéologie d'un karst haut-alpin. Le bassin de Salles (Désert de Platé, Haute-Savoie). *Actes du 6ème congrès suisse de spéléologie, Porrentruy*, p. 93-105.

MAIRE, R. (1984) Un exemple de karst haut-alpin : le Désert de Platé, Haute-Savoie. Carte géomorphologique au 1/25 000. *Karstologia*, n°3, p. 25-34.

MAIRE, R. (1986) Projet de Station de Transfert d'Energie par Pompage du lac de Gers. *Rapport d'expertise, E.D.F. Real (Chambéry)*, 19 p., cartes et figures.

MAIRE, R. (1990) La haute montagne calcaire : karsts, cavités, remplissages, Quaternaire, paléoclimats. *Karstologia-Mémoires*, n°3, 732 p., 331 photos, 466 fig. et tabl.

MÜLLER, I. (1981) Quelques aspects de la pollution bactériologique et chimique des sources karstiques du Jura Neuchâtelois (Suisse). *Actes du 1er colloque national sur la protection des eaux souterraines karstiques, Besançon avril 1980, Cahiers de la CPE-PESC*, n°2 spécial, p. 263-281.

SESIANO, J. (1985) Nouvelles observations sur l'hydrologie de la région entre Arâches et Flaine. *Karstologia*, n°6, p. 7-14.

SESIANO, J. (1986) Paramètres physico-chimiques de quelques lacs d'altitude de Haute-Savoie. *Arve-Léman-Nature*, n° 48, p. 1-7.

SESIANO, J. (1989) Les importantes émergences de Magland, dans la vallée de l'Arve (Haute-Savoie, France) : physico-chimie et origine des eaux. *Karstologia*, n°14, p. 47-53.