



GEOSCIENCES & ENVIRONNEMENT

RAPPORT D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

ETUDE DU PHENOMENE
DE VIDANGE ESTIVAL
DU LAC DES PARTIAS

RESERVE NATURELLE REGIONALE DES PARTIAS



COMMUNE DE PUY SAINT ANDRE

Réf. : YB-05/2299/04

Décembre 2013

LPO PACA



Châteauroux, le 17/12/2013

RAPPORT D'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

Page 1/12

Réf : YB-05/2299/03

SITUATION : Lac des Partias - Vallon des Partias, commune de **PUY SAINT ANDRE**.

OBJET : *Etude hydrogéologique* : étude du phénomène de vidange estival du lac des Partias ; notre devis réf. YB-05/2299/01 du 25/02/2013, votre commande du 27/02/2013.

DEMANDEUR : *Mademoiselle Vanessa FINE*, responsable de l'antenne des Hautes Alpes.
pour le compte de la LPO PACA - Villa Saint Jules - 6, Avenue Jean JAURES
83400 HYERES.

Documents mis à notre disposition :

Fiche descriptive de la PNR des Partias - doc LPO ;

Descriptif technique extrait du dossier de demande de financement
concernant l'étude du lac des Partias - 2013 - doc LPO.

1. INTRODUCTION :

Située au nord du massif du Montbrison, sur la commune de PUY SAINT ANDRE, la Réserve Naturelle Régionale des Partias s'étend sur tout le fond du vallon des Combes et occupe près de 685 hectares entre 1600 et 2940 m d'altitude.

Lové au pied du ravin de Jafaret, au creux du vallon des Partias, vers 2104 m d'altitude, le lac des Partias consiste en un petit plan d'eau naturel qui présente un marnage important entre la période de fonte des neiges printanières où son niveau est maximal et la période d'étiage de fin d'été où il ne subsiste habituellement sur la zone qu'une étendue boueuse.

Désireuse de mieux comprendre les mécanismes qui régissent le régime hydraulique du lac des Partias et sa vidange saisonnière systématique, la commune de PUY SAINT ANDRE soutenue par la LPO PACA, gestionnaire du site, nous a mandaté pour réaliser une étude géologique et hydrogéologique détaillée de la zone.

Nous présentons ci-après les résultats de nos observations de terrain et des mesures réalisées au cours des différentes campagnes de prospection mises en œuvre durant l'été 2013 pour appréhender la réalité du site et mieux comprendre le contexte hydraulique et hydrogéologique de la zone.

2. PRINCIPE DE L'ETUDE :

Conformément à la proposition d'étude, les investigations suivantes ont été réalisées dans le cadre de notre mission :

- une synthèse bibliographique et cartographique détaillée ;
- une analyse de photographies aériennes du secteur ;
- une analyse géologique et hydrogéologique de terrain, menée au cours de plusieurs interventions sur place entre juin et septembre 2013 ;
- une campagne de traçage à la fluorescéine ;
- une campagne de prospection géophysique par panneaux électriques.

L'ensemble de ces travaux a été réalisé par nos propres équipes d'Ingénieurs et de Techniciens Géologues et Hydrogéologues sans intervention de sous-traitant.

3. ELEMENTS DE LOCALISATION :

Située en partie ouest de la commune, la réserve naturelle des Partias occupe tout le fond du vallon en amont du hameau des Combes entre 1600 et 2940 m d'altitude pour une superficie totale de 685 ha.

Localisée au nord du massif de Montbrison, la réserve est bordée au nord et au nord-est par le domaine skiable de Briançon-Serre Chevalier.

Figure 1 : carte de situation



Les limites géographiques de la réserve sont calquées sur les limites topographiques naturelles du secteur.

Sur sa pointe sud-est, la réserve englobe la zone du Bois d'Aval en rive droite du torrent de Sachas face au hameau des Combes. Les crêtes des Alpes et les crêtes du Dos des Ânes de Passaga qui s'étirent vers le nord-ouest jusqu'au Col de la Trancoulette en marque la limite sud.

Vers l'ouest, la réserve comprend la zone des Partias, le Ravin de Jafaret et le cirque de la Cime de la Condamine qui sont bordées depuis le col de la Trancoulette par les crêtes de la Bressière puis par les crêtes de Coste Groselière qui s'étirent d'abord d'est en ouest puis remontent ensuite vers le nord.

Plus au nord encore, la réserve inclut le Ravin de Mélivrin et se trouve limitée au nord par les crêtes de Serre Chevalier qui courent jusqu'au Pic de Serre Chevalier et plongent ensuite vers l'est et le Col de la Ricelle.

De là, la limite de la réserve suit un tracé nord-sud et rejoint en aval au creux du vallon le torrent de Sachas.

4. ELEMENTS DE GEOLOGIE :

4.1. REMARQUES PREALABLES :

L'analyse géologique et hydrogéologique de la zone d'étude s'appuie sur les données cartographiques et bibliographiques disponibles et accessibles à nos services.

Elle est enrichie de notre analyse personnelle du site à partir d'éléments d'observation acquis au cours des visites de terrain effectuées tout au long de l'été 2013.

4.2. CONTEXTE GENERAL :

Le contexte géologique local est ici relativement complexe avec une forte structuration des massifs alentour héritée des mouvements alpins et des mécanismes de charriage.

Le secteur d'étude concerne la partie nord du massif de Montbrison qui appartient aux nappes Briançonnaises situées ici au front du chevauchement Pennique.

Ce chevauchement recouvre vers l'ouest les lambeaux écrasés de la zone Sub-Briançonnaise qui se trouvent directement en contact avec la zone Dauphinoise ou affleurent largement les formations cristallines du massif des Ecrins.

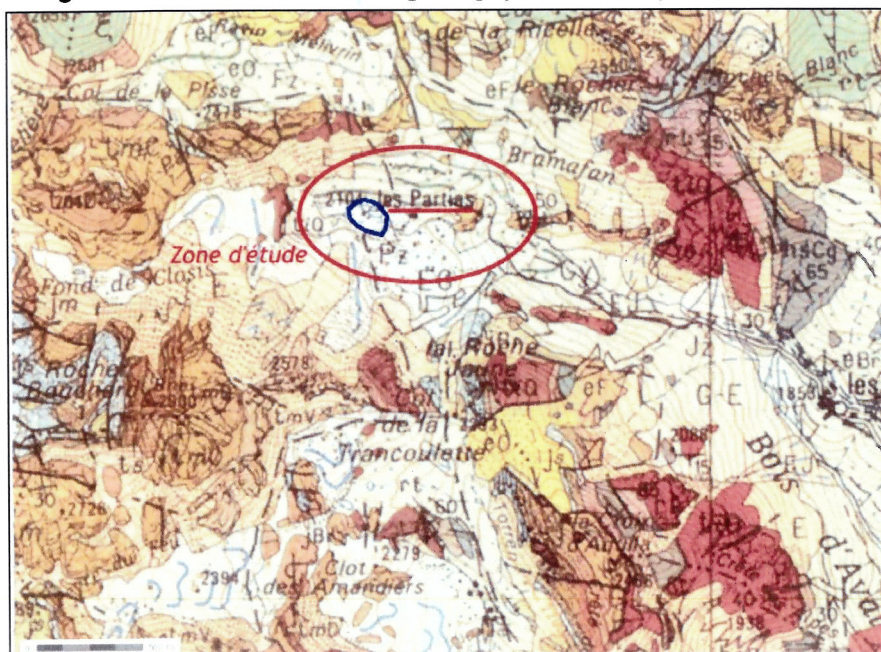
Le substratum briançonnais de la zone des Partias consiste essentiellement en des formations du Trias moyen calcaire et du Trias inférieur gréseux qui reposent a priori en profondeur au toit des dépôts carbonifères du Houiller.

Ces dernières formations, manifestement profondes au droit de la zone d'étude n'affleurent en aucun point du secteur et ne concernent donc pas directement le projet. Elles sont néanmoins visibles plus en aval aux abords immédiats du hameau des Combes et affleurent rapidement dans le paysage à la faveur de talus routiers et de talwegs d'érosion.

Le secteur des Partias à proprement parler consiste en un vallon d'altitude qui s'étire d'est en ouest sur quelques centaines de mètres à peine.

Il présente une pente faible à regard est qui favorise le drainage du massif vers l'est, conduisant les eaux météoriques à rejoindre plus en aval le ravin des Combes et le torrent de Sachas.

Figure 3 : extrait de la carte géologique de Briançon (éd. BRGM)



Manifestement hérité de l'érosion glaciaire, le vallon des Partias présente une morphologie en "U", bordé au sud, comme au nord par des contreforts rocheux relativement élevés.

Le fond du vallon est comblé par des dépôts à dominante morainique relativement épais (> 10 m) qui sont recouverts en pied de pente de part et d'autre du vallon par de larges épandages d'éboulis.

En partie sud du vallon, des abords immédiats du lac des Partias et sur tout le secteur du Bois d'en Haut, un véritable chaos de blocs qui semble hérité d'un écroulement rocheux en masse couvre la zone.

Les calcaires et les grès n'affleurent que plus au sud, au delà du chaos de blocs, aux abords du col de la Trancoulette.

La limite ouest du vallon des Partias est marquée par une barre de grès du Trias qui affleure en travers du vallon.

Il s'agit d'un ressaut rocheux qui forme un véritable seuil disposé en travers de la vallée par delà lequel s'étend en amont la large combe du Fond de Closis jusqu'à la Combe de la Cime de la Condamine.

En contre haut immédiatement au nord du lac des Partias, s'élève une haute falaise rocheuse constituée par les calcaires et les grès du Trias qui affleurent ainsi assez largement dans le paysage.

Cet ensemble est ici fortement fracturé et très vraisemblablement karstifiés ou pseudo-karstifiés en profondeur au contact entre les calcaires et les grès.

En partie est du vallon enfin, au droit de son débouché aval, un verrou rocheux calcaire vient barrer la vallée.

Un large talus boisé constitué d'éboulis grossiers et de blocs entremêlés le contourne par le sud et plonge ensuite dans la pente pour rejoindre en contre bas le ravin du torrent de Sachas.

La zone est assez largement couverte par les formations superficielles.

De vastes épandages d'éboulis masquent les pieds des versants et viennent recouvrir les placages de moraines qui s'étirent en larges bourrelets en amont au nord du secteur d'étude notamment, orientés plus ou moins dans le sens de la vallée.

Plus en amont vers l'ouest, au creux de la combe de la Cime de la Combarine existe un amas de moraines et de blocs entremêlés qui témoigne ici de la présence d'un glacier rocheux fossile duquel émerge vraisemblablement la source du ruisseau des Partias.

La zone des Partias vient ici en légère dépression à l'arrière du verrou rocheux calcaire qui barre le vallon en aval. C'est sur cette zone qu'est actuellement établie le lac des Partias.

Ce dernier a certainement subi plusieurs phases de développement et on imagine facilement la présence d'un plan d'eau ancien en arrière du verrou rocheux.

Ce dernier, scié par l'érosion post-glaciaire a profondément été creusé, favorisant l'écoulement des eaux vers l'aval et entraînant la disparition du lac.

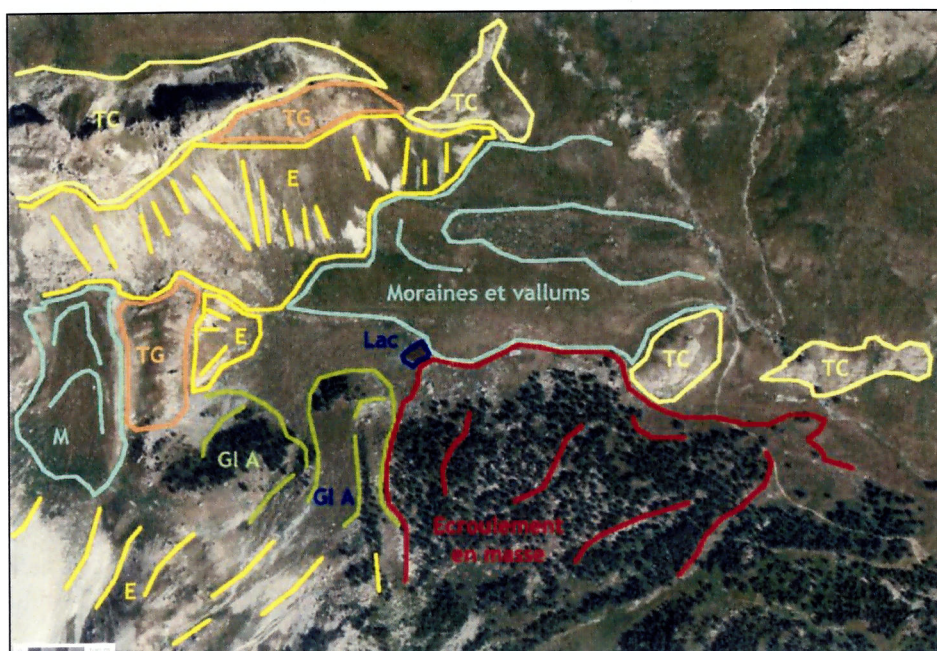
L'écroulement en masse du versant sud du vallon des Partias est venu plus tard combler à nouveau la zone et restituer dans la topographie un verrou au front du vallon.

Le lac actuel des Partias s'est alors établi dans ce nouvel environnement souligné aujourd'hui encore par la morphologie de la vallée.

L'analyse de la carte géologique de Briançon à travers l'extrait concernant la zone d'étude présenté plus haut permet de prendre toute la mesure de la complexité structurale du secteur des Partias.

Le schéma géologique simplifié présenté ci-après propose une image didactyle du secteur nécessaire à la bonne compréhension de la répartition des différentes composantes géologiques identifiées.

Figure 4 : carte géologique simplifiée de la zone d'étude



5. ANALYSE HYDROGEOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE :

5.1. INTRODUCTION :

L'analyse hydrogéologique de la zone des Partias s'est déroulée à travers plusieurs interventions sur la zone entre le 18 juin et le 24 septembre 2013.

Elle a consisté en six visites successives de terrain au cours desquelles ont été réalisés :

- un suivi aussi régulier que possible des caractéristiques des eaux sur la zone ;
- un suivi de l'évolution du niveau du lac des Partias ;
- une campagne de traçage à la fluorescéine ;
- et une campagne de prospection géophysique par panneaux électriques.

Il s'agissait ici de préciser le contexte hydrogéologique local, de vérifier l'existence d'éventuelles relations entre les pertes du lac des Partias et le torrent de Sachas en aval et de préciser la nature et la répartition des horizons du sous-sol en différents points du secteur d'intervention.

5.2. ELEMENTS D'OBSERVATION ET SUIVI DES NIVEAUX D'EAU DU LAC :

5.2.1. Généralités :

Lors de notre première visite sur la zone le 18 juin 2013, le lac des Partias semblait avoir atteint sa cote de remplissage maximale et une partie des pelouses habituellement présentes sur les berges du plan d'eau était noyée sous plusieurs centimètres d'eau.

Au regard des résultats de nos observations, l'alimentation du lac ne semblait alors assuré que par les apports d'un ruisseau dont l'émergence est située au fond du vallon, au pied des fractures qui affectent la barre gréseuse du Trias.

Quelques petites sources de faible importance qui émergent des éboulis en rive gauche du torrent venaient grossir de leurs maigres apports le débit du ruisseau.

Aucune autre venue d'eau n'a été mise en évidence sur la zone qui pourrait participer à l'alimentation du plan d'eau, en particulier sur le pied de versant situé au sud du lac des Partias qui est apparu parfaitement sec.

Il nous est donc apparu vraisemblable de considérer ici l'essentiel des apports en eau vers le lac des Partias désormais identifiés, n'ayant mis en évidence aucun autres apports depuis l'impluvium d'éboulis en amont.

Force a également été de noter l'absence d'exutoire ou de surverse du plan d'eau qui ne bénéficie manifestement d'aucune vidange en surface.

Le 18 juin 2013, le niveau du lac était suffisamment haut pour baigner la base des blocs rocheux écroulés jusqu'aux rives du plan d'eau en partie sud de la zone d'étude et c'est entre deux blocs effondrés qu'une véritable perte a été identifiée.

Il s'agissait d'une zone d'écoulement franc à travers les vides laissés en ce point entre les rochers.

Lors des visites de terrain suivantes, la baisse de niveau du lac aidant, la zone de perte repérée le 18 juin s'est trouvée asséchée et aucun autre point d'infiltration préférentiel n'a par ailleurs été mis en évidence sur le secteur.

Le 27 juin 2013, une règle graduée a été mise en place dans le lac, le plus loin possible de la rive, de manière à pouvoir suivre de loin en loin, au fil de nos interventions sur le terrain, l'évolution du niveau d'eau.

Graduée en centimètre, la règle sera progressivement déplacée vers le centre du plan d'eau pour demeurer le plus longtemps possible baignée par les eaux du lac et assurer le suivi de l'évolution du niveau d'eau.

Le niveau d'eau baissant rapidement, dès la fin juillet 2013 la réalisation des mesures devint difficile et incertaine et au mois d'août 2013, le plan d'eau n'étant plus qu'une marre boueuse piétinée par les troupeaux, le suivi du être suspendu.

La règle fut finalement renversée et le point de mesure abandonné.

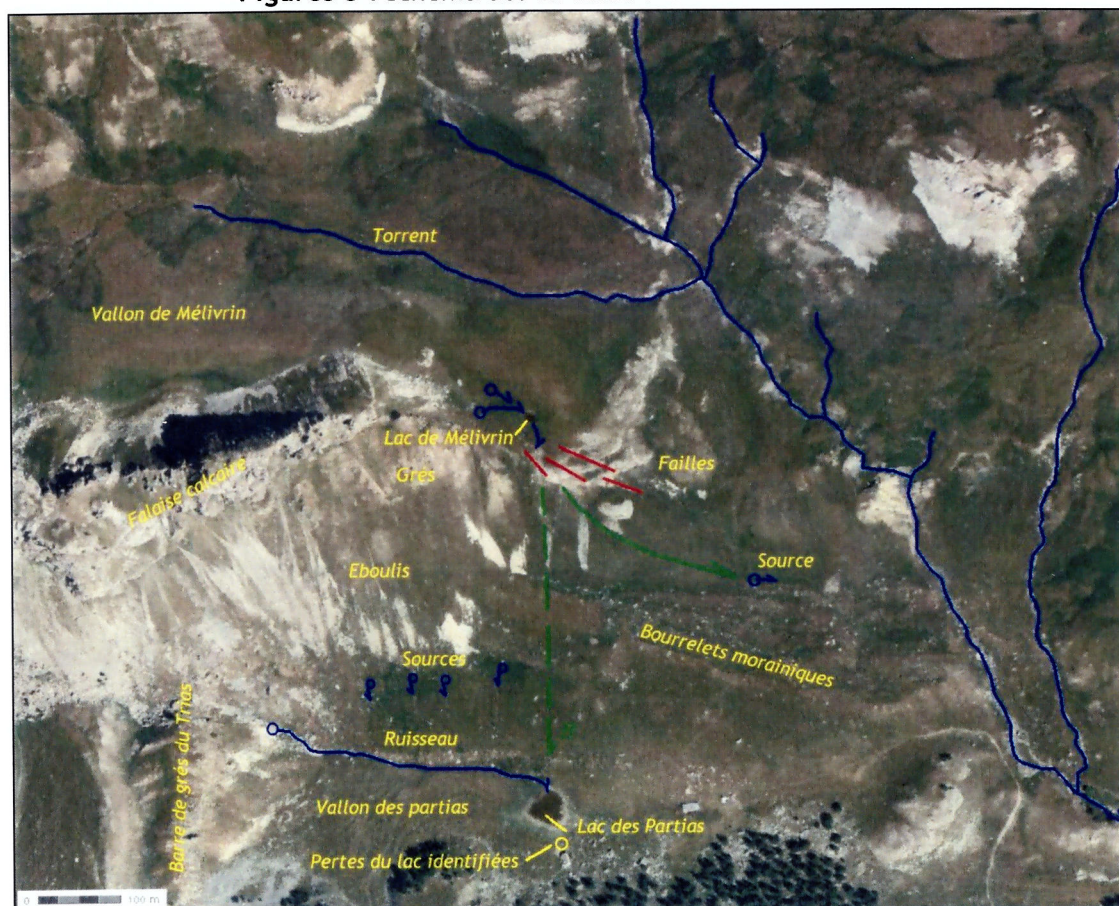
Prenant du recul par rapport au lac, la visite de terrain du 27 juin 2013 a permis d'élargir le champ d'investigation sur la zone et de prendre en compte le ravin de Mélivrin situé plus en amont.

Cette vision plus large du secteur d'étude a ainsi permis d'apprécier le contexte géologique et hydrogéologique de la zone dans son ensemble, avec la prise en compte notamment de nouveaux points d'eau.

5.2.2. Résultats des observations et des mesures :

L'ensemble des observations réalisées sur le terrain a permis d'identifier l'essentiel des points d'eau qui participent au drainage du massif, dont ceux qui alimentent le lac des Partias (ruisseau du vallon des Partias et sources de pied de versant en partie nord du vallon).

Figures 5 : schéma des circulations d'eau du versant



Ces observations ont également permis de localiser une zone de perte et d'écoulement en profondeur des eaux du lac lorsque ce dernier se trouvait à son niveau le plus haut.

Certains points d'eau nous sont apparus en revanche parfaitement étrangers au fonctionnement hydraulique du secteur, leurs écoulements ne participant manifestement pas à l'alimentation du lac ou à sa vidange.

Il en va très certainement ici des ressources en eau du Ravin de Mélivrin.

Sur cette zone en effet, la quasi-totalité des eaux s'écoule en surface vers l'est et forme rapidement un ruisseau qui rejoint plus en aval le torrent de Sachas.

Néanmoins, de petites sources existent en partie aval du Ravin de Mélivrin, à proximité immédiate du ressaut rocheux qui domine le lac des Partias.

Il s'agit a priori de petites émergences qui sourdent par surverse directement des calcaires des crêtes rocheuses situées à proximité et qui alimentent un petit lac situé à proximité.

Ce dernier déborde ensuite vers un réseau de fractures ouvertes localisé à quelques mètres à peine de la falaise.

Dans les pentes en aval couvertes d'éboulis, aucune source n'a cependant été mise en évidence qui pourrait constituer l'émergence des eaux disparues ici dans les fractures.

En revanche, une émergence existe plus à l'est, dont la capacité est apparue relativement importante (1 à 3 l/s ; estimation visuelle), localisée au creux d'un ensemble de bourrelets morainiques orientés d'est en ouest.

Cette source qui pourrait être l'exutoire des pertes du lac de Mélivrin, a anciennement été captée de façon sommaire et alimente aujourd'hui encore la fontaine de la cabane des Partias.

Il s'agit ici d'une hypothèse assez vraisemblable qui cependant, sortant du cadre de notre mission, n'a pas été vérifiée au moment de l'intervention. Elle pourrait si nécessaire faire l'objet d'une campagne de traçage complémentaire avec injection de fluorescéine directement dans le lac de Mélivrin et suivi de la restitution du colorant au droit de la source en aval.

Un tel traçage permettrait aussi de vérifier la réalité des relations aquifères entre le secteur de Mélivrin et le lac des Partias.

Les résultats des mesures des niveaux d'eau du lac réalisées entre le 27 juin 2013 et le 26 juillet 2013 ont permis ici de quantifier la vitesse d'abaissement du fil d'eau et de vidange du plan d'eau.

La période de mesure a durée 29 jours au total.

Au cours de cette période le niveau d'eau s'est abaissé de 93,3 cm, soit une vitesse moyenne d'abaissement de 3,2 cm par jour.

La vitesse mesurée apparaît relativement élevée et traduit certainement un débit de perte important qui du printemps en été n'est jamais compensé par les apports en eau depuis l'amont.

5.2.3. Remarques et conclusions :

Les résultats de nos observations et de mesures de terrain amènent ici les remarques suivantes :

- le niveau du lac des Partias était a priori à son maximum lors de la visite du 18 juin 2013 ;
- au regard de nos observations, le ruisseau des Partias apparaît comme l'unique ressource qui alimente le plan d'eau ;
- quelques petites sources existent néanmoins, issues du pied de versant en partie nord du vallon, qui participent au débit du ruisseau et alimentent indirectement le lac ;
- il reste envisageable enfin que des venues d'eau occultes et masquées par les éboulis de pied de versant participent également à l'alimentation du lac depuis le vallon de Mélivrin en amont au nord. Cette hypothèse très vraisemblable reste à démontrer ;
- pour l'essentiel, les pertes du lac de Mélivrin rejoignent plus à l'est une petite source qui alimente la fontaine de la cabane des Partias ;

- le suivi du niveau d'eau du lac a débuté le 27 juin 2013 ;
- à ce moment là, le niveau du lac avait déjà commencé à abaisser et la perte mise en évidence sur les berges au sud du plan d'eau entre les rochers s'était asséchée ;
- la baisse des niveaux d'eau a néanmoins continué et au mois d'août, date à laquelle nos mesures ont été suspendues, il ne restait sur la zone qu'une marre boueuse ;
- pour cette période, la vitesse moyenne d'abaissement du niveau d'eau du lac était de 3 cm/jour environ ;
- un seul point de perte a clairement été identifié sur la rive sud du lac des Partias et l'essentiel de l'infiltration des eaux semble donc diffuse, répartie sur tout le fond du plan d'eau.

Bien qu'il n'est pas possible ici de calculer sur la base des éléments de mesure désormais en notre possession le débit de perte du lac et d'en déduire une éventuelles section d'écoulement, force et de constater que le débit d'apport du lac reste limité.

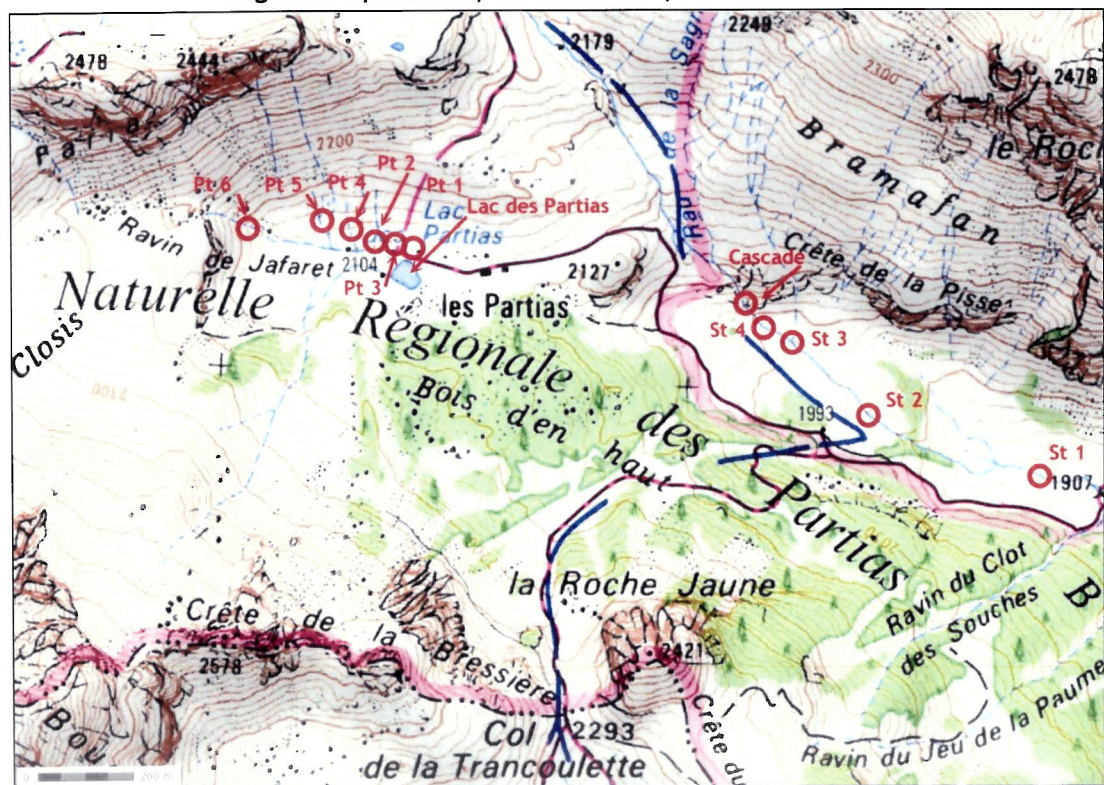
5.3. ELEMENTS DE SUIVI DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES SIMPLES DES EAUX :

5.3.1. Localisation des points de mesure :

Le suivi des paramètres physico-chimiques simples des eaux concerne ici :

- d'une part, la zone des Partias à proprement parler avec 7 points d'eau répartis comme suit :
 - le lac des Partias ;
 - les sources notées Pt 1 à Pt 5 qui sourdent en pied de versant en partie nord du vallon des Partias ;
 - la source notée Pt 6 qui consiste en l'émergence du ruisseau des Partias au droit de la barre de grès située au fond du vallon ;

Figure 6 : plan d'implantation des points de mesure



- d'autre part, le vallon du torrent de Sachas plus en aval à l'est au droit duquel 5 points de mesure ont été proposés dans le cadre du suivi du traçage à la fluorescéine des pertes du lac organisé pour les besoins de l'étude.

Les cinq points concernés sont notés ici de l'aval vers l'amont :

- St 1 ;
- St 2 ;
- St 3 ;
- St 4 ;
- Cascade.

Il s'agissait ici à travers le suivi régulier des paramètres physico-chimiques simples des eaux (température, conductivité et pH), de typer les différentes ressources en eaux existantes sur la zone et d'analyser l'évolution de leur qualité dans le temps.

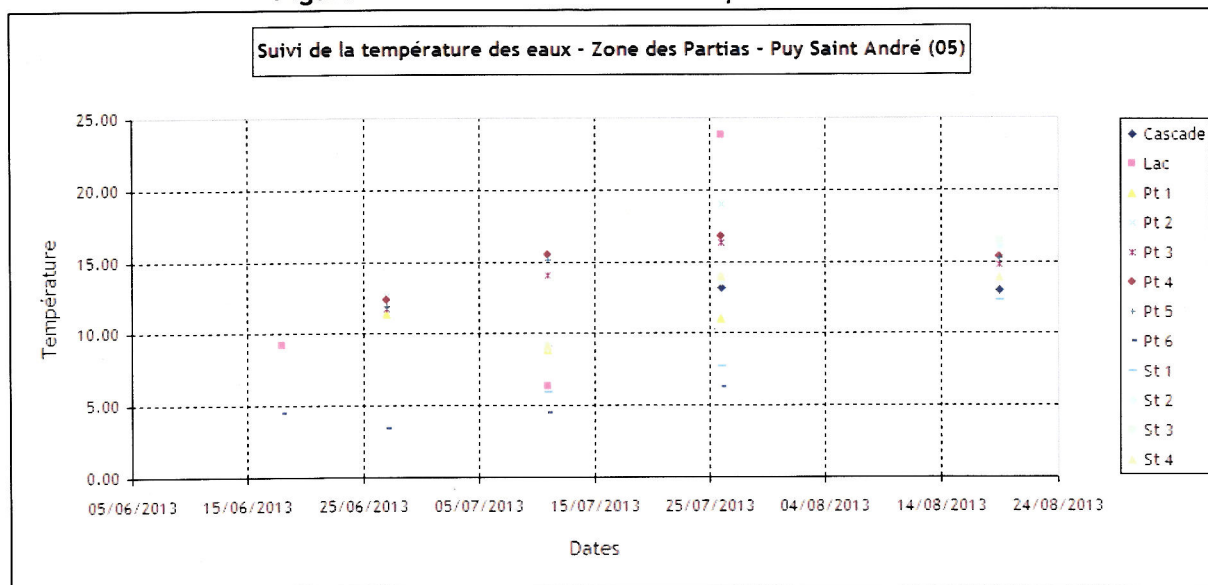
5.3.2. Résultats des mesures :

5.3.2.1. Suivi de la température des eaux :

L'analyse des résultats du suivi de la température des eaux amène ici les remarques suivantes :

- il existe sur la zone plusieurs familles d'eau dont les températures évoluent différemment d'un point à un autre ;
- sur la zone des Partias, les eaux des sources Pt 3, Pt 4 et Pt 5 évoluent de la même façon, formant un véritable fuseau de valeurs comprises entre 11,9°C et 12,4°C (mesures du 27/06/2013). La température augmente progressivement en début d'été et atteint 16,8°C au droit de la source Pt 4 (mesures du 27/07/2013). Elle diminue ensuite légèrement et atteint 14,8°C au droit de la source Pt 3 le 19/08/2013 ;
- la source Pt 1 présente le 27/06/2013 une température voisine de celles des sources décrites précédemment avec ici 11,4°C. La température des eaux s'abaisse ensuite et passe à 8,9°C le 11/07/2013. Elle remonte au cours des semaines suivantes pour atteindre 11,0°C le 26/07/2013. Notons que d'une manière générale et pour la période de mesure concernée, la température des eaux de la source PT 1 apparaissent plus froide que celles des eaux des sources Pt 3, Pt 4 et Pt 5 ;
- la température des eaux de la source Pt 6 apparaît plus fraîche dans l'ensemble. Les valeurs mesurées augmentent légèrement entre juin et juillet 2013. Elles restent néanmoins assez froides pour toute la période de mesure concernée, comprises entre 4,5°C et 6,3°C. Nous pouvons donc nous interroger ici sur l'origine de cette ressource qui peut être issue de la fonte de neige ou de glace emprisonnée au sein des éboulis morainiques en amont ;
- pour le lac des Partias, la température des eaux fluctue d'une façon très importante au cours de la période de mesure avec $6,4^{\circ}\text{C} < T < 23,8^{\circ}\text{C}$. Ces résultats soulignent la forte sensibilité des eaux de surface et celles du lac en particulier (suivies à faible profondeur) aux conditions climatiques locales ;
- en ce qui concerne les points de mesure situés plus en aval à l'est le long du torrent de Sachas, d'autres types d'eau encore semblent avoir été mis en évidence ;
- pour les stations de mesure St 2, St 3 et St 4, la température des eaux évolue de la même manière tout au long du suivi, formant un fuseau de valeurs comprises entre 9,0°C et 9,1°C le 18/06/2013 et entre 13,9°C et 16,4°C le 19/08/2013 ;

Figure 7 : courbe de suivi de la température des eaux



- en St 1, les eaux apparaissent plus fraîches qu'ailleurs sur la zone avec $5,9^{\circ}\text{C} < T < 12,3^{\circ}\text{C}$. St 1 est situé bien en aval du point St 2. Il est donc vraisemblable qu'entre ces deux points, le torrent de Sachas qui reçoit plusieurs petits affluents en surface bénéficie également d'apports occultes d'eaux potentiellement plus fraîches qui peuvent en modifier sa qualité physico-chimique ;
- enfin, notons que pour l'ensemble des points de mesure, les écarts de température diminuent sensiblement au terme de l'intervention. Sur le graphique, les valeurs se regroupent assez clairement pour un ensemble de température mesurées entre $12,3^{\circ}\text{C}$ et $16,4^{\circ}\text{C}$ le 19/08/2013.

5.3.2.2. Suivi de la conductivité des eaux :

Les courbes de conductivité établies à partir des mesures réalisées au droit des différents points d'eau entre juin et août 2013 forment ici un large fuseau de valeurs comprises entre 191 et 281 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Dans une première approche, il semble que les eaux du secteur appartiennent à une unique famille aquifère modérément minéralisée.

Pour quelques points de mesure cependant, les eaux présentent ponctuellement soit une plus forte conductivité, soit une plus faible minéralisation. Ainsi, le 27/06/2013, en Pt 1, la conductivité des eaux atteint 384 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Le 11/07/2013, en St 4, elle n'est que de 161 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

L'étude du graphique n'amène pas d'avantage d'information concernant la minéralisation des eaux du secteur.

L'analyse détaillée du tableau d'enregistrement des valeurs en revanche, met en évidence l'existence de trois types d'eau différents sur le secteur.

Figure 8 : courbe de suivi de la conductivité des eaux

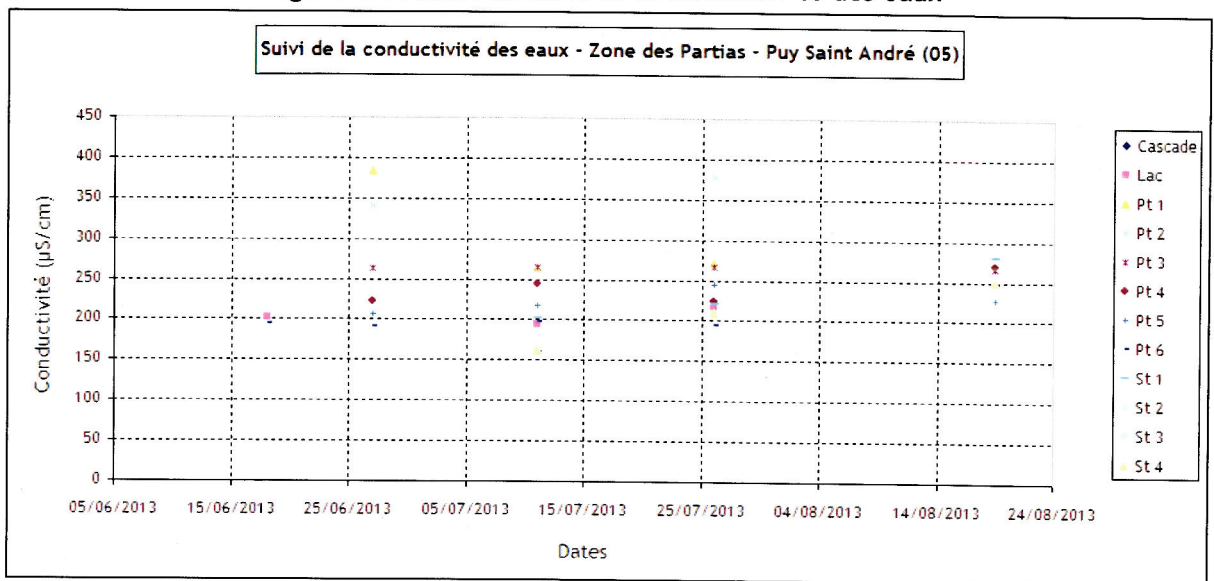


Figure 9 : tableau d'enregistrement des valeurs de conductivité

Dates	Cascade	Lac	Pt 1	Pt 2	Pt 3	Pt 4	Pt 5	Pt 6	Stations mesure traçage			
18/06/2013		202						195				
27/06/2013			384	340	264	223	207	191				
11/07/2013	162	194	265		265	245	218	198	203	159	162	161
26/07/2013	207	218	272	378	267	224	244	194	221	207	208	210
19/08/2013	248				267	269	227		281	246	248	250

Il vient ainsi :

- pour les eaux souterraines, suivie au droit des points de mesure notés Pt 1 à Pt 6, deux types d'eau peuvent être différenciés selon que la ressource émerge du pied de versant en rive gauche du ruisseau des Partias (points Pt 1 à Pt 5) avec une conductivité comprise entre 207 et 384 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ou qu'elle sourde de la barre de grès plus à l'ouest (point Pt 6) avec une conductivité inférieure à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et comprise entre 191 et 198 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- pour les eaux de surface et les points de mesure St 1 à St 4, leur minéralisation apparaît plutôt moyenne et constante sur l'ensemble de la zone considérée avec $159 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Cd} < 281 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs témoignent donc ici de la présence d'un unique type d'eau ;
- pour les eaux du lac et de la cascade les valeurs de conductivité sont voisines de celles mesurées entre St 1 et St 4 avec un indice de minéralisation moyen et relativement constant pour la période de mesure concernée ($162 \mu\text{S}/\text{cm} < \text{Cd} < 148 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Remarques :

L'analyse du suivi de la température des eaux en St 1 avait permis d'envisager l'existence sur la zone d'apports aquifères occultes vers le torrent de Sachas de caractéristiques physico-chimiques différentes.

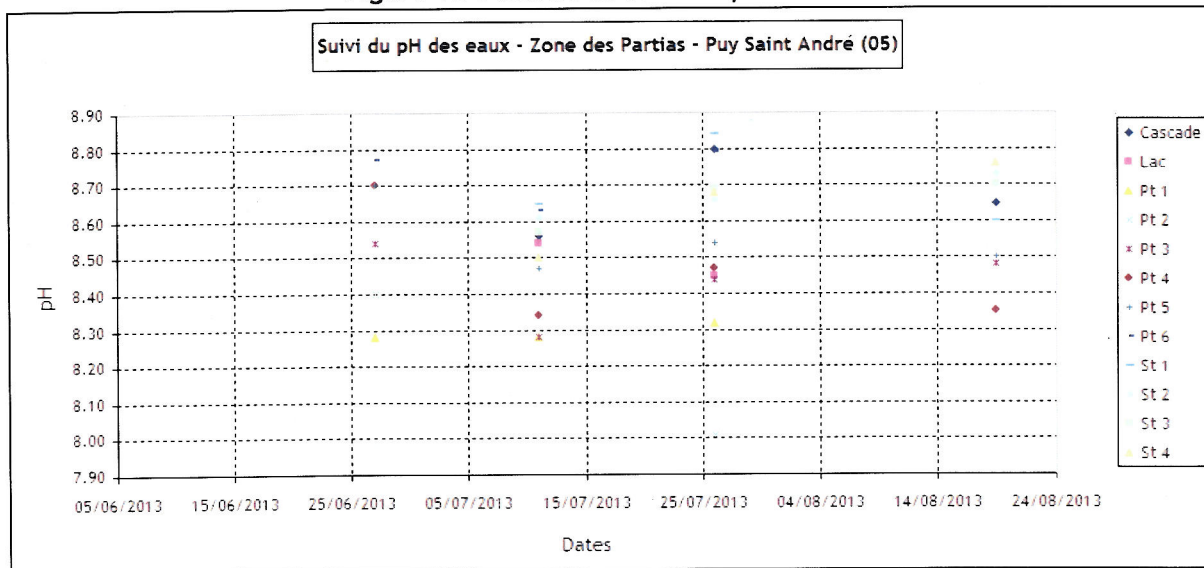
Les résultats du suivi de la conductivité montre qu'en ce point seul le paramètre température est affecté et que d'une manière générale la ressource en eau de la zone appartient à une même famille aquifère.

5.3.2.3. Suivi du pH des eaux :

L'analyse des données concernant le suivi du pH des eaux n'amène qu'une seule remarque particulière.

Les eaux du secteur des Partias présentent un pH légèrement alcalin avec des valeurs comprises entre 8,28 et 8,84, conformes à celles attendues sur la zone pour des eaux issues de formations à dominante calcaire.

Figure 10 : courbe de suivi du pH des eaux



5.3.3. Remarques et conclusions :

Les résultats des mesures physico-chimiques réalisées sur la zone et pour l'ensemble des points d'eau repérés permet aujourd'hui d'avoir une image réaliste de la qualité des ressources aquifères du site, avec le type des différentes eaux testées et leur origine supposée.

Deux grands types d'eau ont en effet été suivi sur la zone :

- des eaux de surface au droit du lac des Partias, et le long du torrent de Sachas entre le point St1 et la cascade ;
- des eaux d'origine souterraine pour les points de mesure notés Pt 1 à Pt 6.

Ainsi, les données acquises tout au long du suivi amènent les remarques suivantes :

- toutes les eaux testées présentent un pH alcalin compris entre 8,28 et 8,84 ;
- les valeurs de conductivité mesurées montrent que :
 - les eaux du torrent de Sachas sont moyennement minéralisées ($159 \mu\text{S/cm} < \text{Cd} < 281 \mu\text{S/cm}$) avec un indice relativement constant d'une station de mesure à l'autre ;
 - il en va de même pour les eaux du lac et celles de la cascade avec $162 \mu\text{S/cm} < \text{Cd} < 148 \mu\text{S/cm}$;
 - les eaux de la source Pt 6, issue des grès du Trias, apparaissent assez peu minéralisées en revanche avec $191 \mu\text{S/cm} < \text{Cd} < 198 \mu\text{S/cm}$;
 - les eaux des sources Pt 1 à Pt 5 qui sourdent du versant au nord du vallon des Partias en rive gauche du ruisseau sont en revanche plus minéralisées avec des valeurs comprises entre 207 et 384 $\mu\text{S/cm}$;

- le suivi de la température témoigne d'une manière générale d'une certaine hétérogénéité des valeurs entre les différents points d'eau qui résulte certainement des conditions de circulations en profondeur des eaux souterraines, mais également de l'impact des conditions climatiques locales sur les eaux de surface notamment.

Un point de mesure cependant attire ici plus particulièrement notre attention.

Le point ST 1, situé en partie aval de la zone d'étude, le long du torrent de Sachas, au droit duquel les températures mesurées sont systématiquement plus fraîches qu'ailleurs le long du cours d'eau, avec $5,9^{\circ}\text{C} < T < 12,3^{\circ}\text{C}$ au lieu de $9,0^{\circ}\text{C} < T < 16,4^{\circ}\text{C}$ pour St 2, St 3 et St 4.

Ces résultats laissent supposer ici l'existence sur la zone d'apport d'eau occultes de température plus basse que celle du torrent, probablement issues des éboulis morainiques.

5.4. CAMPAGNE DE TRAÇAGE A LA FLUORESCÉINE :

5.4.1. Objectif et éléments de mise en œuvre :

Afin de préciser les mécanismes d'infiltration des eaux du lac des Partias au droit du plan d'eau, à travers les formations de couverture en place et d'établir d'éventuelles relations entre les pertes du lac et les eaux du torrent de Sachas situé plus en aval vers l'est, une prospection détaillée des berges du torrent a été réalisée qui n'a amené aucun élément permettant de vérifier l'existence d'apport d'eau vers le cours d'eau.

Un traçage à la fluorescéine a donc été réalisé au cours de l'été 2013 afin de pouvoir mettre en évidence d'éventuelles relations entre les pertes du lac et le torrent.

500 g environ de fluorescéine ont ainsi été directement dilués dans les eaux du lac le 10 juillet 2013.

Préalablement, 4 stations de mesure avaient été désignées le long du torrent au droit desquelles 4 échantillons d'eau "blancs" ont été prélevés.

Au droit de chaque station, un fluocapteur au charbon actif a été mis en place qui a été relevé et remplacé successivement les 26/07/2013, 19/08/2013 et le 24/09/2013 dans le cadre du suivi du traçage.

Figure 11 : carte de localisation des points de mesure

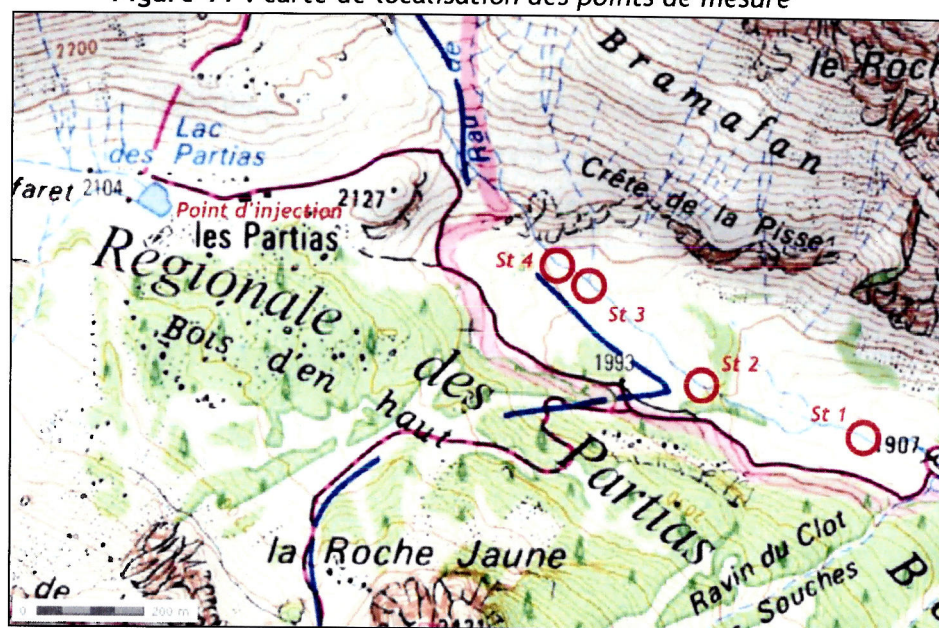


Figure 12 : photographie de l'injection du traceur dans le lac



Chaque échantillon a été confié pour analyse au laboratoire Sciences Environnement de BESANCON (25), rompu aux méthodes de détection et de quantification des traceurs colorants par spectro-fluorométrie.

5.4.2. Résultats du traçage :

Les résultats d'analyse des échantillons blancs ont mis en évidence l'existence de concentrations remarquables en fluorescéine au droit des stations de mesure St1 et St2 situées les plus en aval du secteur d'étude avec respectivement une concentration en colorant de 0,15 µg/l et de 0,63 µg/l.

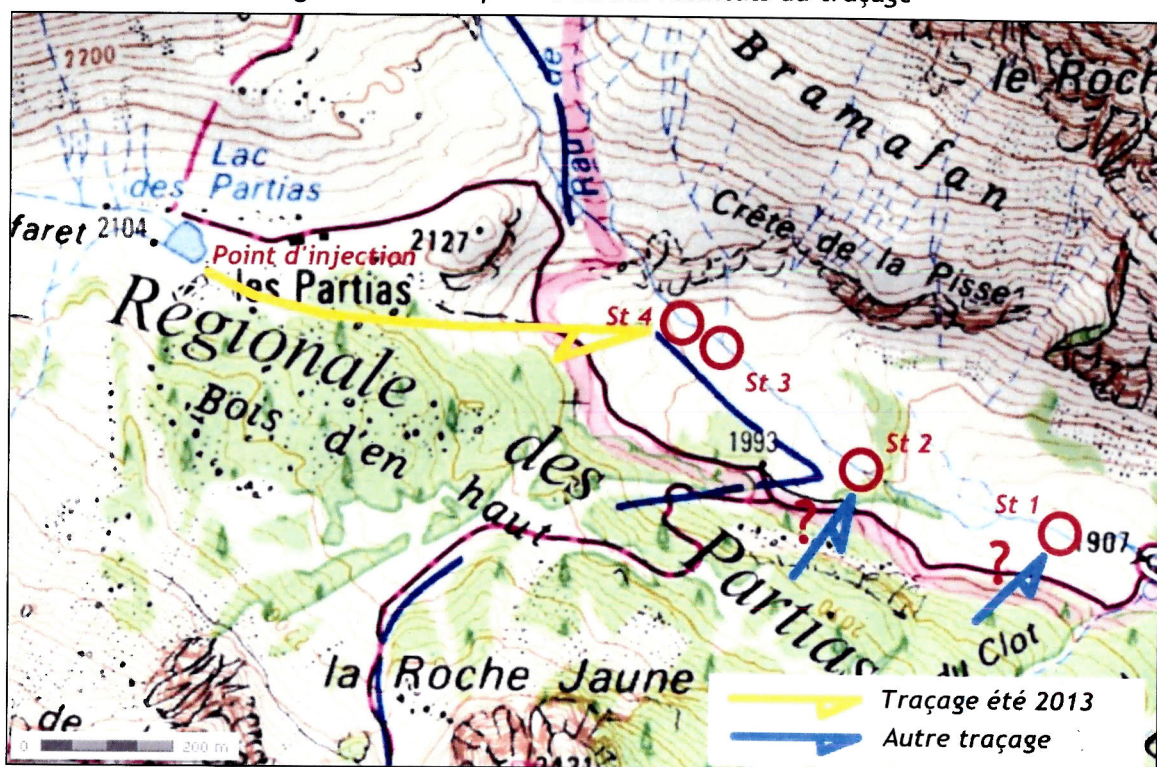
Ces éléments témoignent manifestement ici de l'existence de traçages anciens sur la zone pour lesquels nous ne possédons d'ailleurs aucune information, ni concernant la date d'intervention, ni le point d'injection, ni la quantité de traceur injecté.

Quoi qu'il en soit ces traçages généraient encore au cours de l'été 2013, en partie aval de la zone d'intervention, un bruit de fond relativement important du fait certainement du relargage de fluorescéine vers le milieu hydraulique superficiel.

Les résultats d'analyse des fluocapteurs amènent les remarques suivantes :

- des capteurs relevés le 26/07/2013, seul le capteurs St 1 met en évidence un forte concentration en fluorescéine ;
- Il en va de même pour cette station de mesure des analyses du capteur relevé le 19/08/2013 ;
- ces éléments soulignent donc ici l'existence du bruit de fond repéré précédemment grâce à l'analyse des capteurs blancs ;
- étonnamment en revanche alors qu'une importante concentration en fluorescéine avait été mise en évidence par l'analyse de l'échantillon "blanc" de la station St 2, aucune trace de fluorescéine n'est détectée au cours de l'étude des capteurs relevés les 26/07 et 19/08/2013. Le bruit de fond semble ici avoir disparu ;

Figure 13 : interprétation des résultats du traçage



- le 24/09/2013, un pic de fluorescéine est détecté pour les fluocapteurs de chaque station de mesure avec une diminution progressive de la concentration de traceur estimée de l'amont (station St 4) vers l'aval (station St 1).

5.4.3. Conclusions :

La campagne de traçage à la fluorescéine a donc permis ici de mettre en évidence l'existence d'une relation directe entre les pertes du lac des Partias et le torrent de Sachas situé plus en aval vers l'est.

En dépit du bruit de fond détecté au droit des stations de mesure St1 et St2 et bien qu'aucune arrivée d'eau n'est jamais été mise en évidence dans les berges du cours d'eau, les résultats du traçage démontrent clairement l'alimentation occulte partielle du torrent par des eaux provenant du lac des Partias.

Le point d'entrée du colorant vers le torrent apparaît situé aux abords du point de mesure St 4, soit plus ou moins dans l'axe des écoulements naturels attendus entre la zone des Partias et le vallon du torrent de Sachas.

Notons cependant ici un temps de réponse relativement long du traceur qui a été injecté le 10/07/2013 et n'est signalé dans les eau du torrent qu'à partir du 24/09/2013 soit 2 mois et demi plus tard.

Nous pouvons en déduire une vitesse moyenne de circulation des eaux souterraines entre les lac des Partias et le vallon de Sachas de 9,7 m/jour pour une distance d'environ 740 m et une dénivelée de 102 m.

5.5. CAMPAGNE DE PROSPECTION GEOPHYSIQUE PARA PANNEAUX ELECTRIQUES :

5.5.1. Objectif et éléments de mise en œuvre :

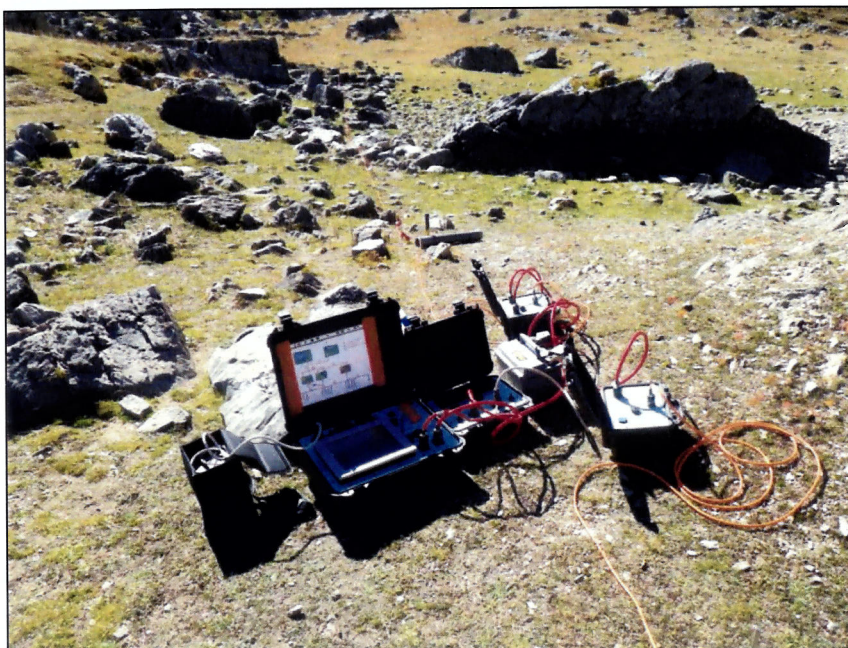
5.5.1.1. Objectif de la prospection :

Il s'agissait ici à travers une campagne de prospection géophysique d'établir une coupe interprétative du sous-sol du secteur aux abords immédiats du lac des Partias d'une part et au droit de la zone d'écoulement préférentiel supposé située en aval du verrou rocheux qui marque la limite aval du vallon des Partias.

5.5.1.2. Matériel utilisé :

L'acquisition des données de terrain a été réalisée à l'aide d'un enregistreur **PASI Combined System 16SG24** et le traitement informatique des données a nécessité l'utilisation de logiciels spécifiques (Res2Dmod et Res2Dinv).

Figure 14 : photographie du matériel utilisé



5.5.1.3. Principe des panneaux électriques :

La technique du panneau électrique permet d'étudier les variations de résistivité latérales et verticales générées par des structures géologiques dans une coupe du sous-sol délimitée par la ligne des électrodes plantées en surface.

Les valeurs mesurées correspondent à une intégration des résistivités et des spécificités géométriques des différentes parties du sous-sol.

Traitées à l'aide de logiciels informatiques, les données mesurées permettent d'identifier des ensembles de points d'iso-résistivité en fonction de la profondeur d'investigation du dispositif de mesure.

Ainsi, à partir de chaque panneau électrique réalisé il est possible de déduire une coupe géologique interprétative en terme d'iso-résistivité des horizons traversés, les niveaux de résistivité successifs étant notés ici selon un code de couleur, avec notamment :

- Bleu pour les formations peu résistantes ;
- Vert pour les formations moyennement résistantes ;
- Rouge pour les formations résistantes.