

# Rapport d'activité 2013



*Eboulement de 150 m<sup>3</sup> qui a récemment obstrué la RC menant à Finhaut  
Le site a été équipé avec une station GUARDAVAL afin de rouvrir la route en toute sécurité*

## SOMMAIRE

---

<b>SOMMAIRE</b> .....	II
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS</b> .....	III
<b>1. MANDATS INSTITUTIONNELS ET D'APPUI</b> .....	1
1.1 HYDROGEOLOGIE.....	1
1.2 GEOLOGIE.....	1
1.3 HYDROLOGIE & METEO-CLIMATOLOGIE .....	3
<b>2. PARTICIPATION AUX PROJETS INTERREG IV</b> .....	9
2.1. PROJET STRATEGIQUE RISK <span>NAT</span> .....	9
2.2. PROJET STRADA.....	9
<b>3. PROGRAMMES RECHERCHE &amp; DEVELOPPEMENT</b> .....	10
3.1 ETUDE METHODOLOGIQUE <i>PERMAFROST A RISQUE</i> .....	10
3.2 PROJET MATEROSION.....	12
3.3 OBSERVATOIRE ENVIRONNEMENTAL.....	12
3.4 PROJETS GEO-INFORMATIQUES.....	14
<b>4. COMMUNICATION &amp; BIBLIOTHÈQUE</b> .....	17
<b>CONSEIL DE FONDATION</b> .....	18
<b>ORGANE DE CONTROLE</b> .....	18
<b>COLLABORATEURS</b> .....	19
<b>PARTENAIRES DES PROJETS R&amp;D</b> .....	20
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	21
<b>ANNEXE 1</b> .....	22

## LISTE DES ABBREVIATIONS

<b>AG25</b>	Atlas géologique de la Suisse 1 : 25'000
<b>AmHydro</b>	Aménagements hydroélectriques valaisans
<b>CCGEO</b>	Centre de compétence géomatique, État du Valais
<b>CERISE</b>	Cellule scientifique cantonale de crise en cas d'intempéries et autres catastrophes naturelles
<b>COSMO</b>	Modèles numériques de prévisions météorologiques déterministes ou probabilistes à haute précision ( <b>C</b> onsortium for <b>S</b> mall-scale <b>M</b> odeling)
<b>DAGEO</b>	Dangers géologiques
<b>DTEE</b>	Département des transports, de l'équipement et de l'environnement – Canton du Valais
<b>DEET</b>	Département de l'économie, de l'énergie et du territoire – Canton du Valais
<b>EPFL</b>	Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
<b>ESR</b>	Energie Sion-Région SA
<b>FNSRS</b>	Fonds national suisse de la recherche scientifique
<b>Geocover</b>	Projet du SGN de vectorisation des données géologiques sur toute la Suisse
<b>GestCrues</b>	Pôle du CREALP chargé du développement de MINERVE
<b>GUARDAVAL</b>	Réseau cantonal de télésurveillance & téléalarme des instabilités de terrain (mis en service en 2003)
<b>H2G</b>	Section Hydrologie - hydrogéologie – géologie du SRTCE
<b>HES-SO</b>	Haute école spécialisée de Suisse occidentale
<b>InSAR</b>	<b>I</b> nterferometric <b>S</b> ynthetic <b>A</b> perture <b>R</b> adar
<b>ISTE</b>	<b>I</b> nstitut des <b>s</b> ciences de la <b>T</b> erre /UNIL (anciennement IGAR et CRET)
<b>IRSTEA</b>	Institut de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (anc. CEMAGREF)
<b>LCH - EPFL</b>	Laboratoire de <b>C</b> onstructions <b>H</b> ydrauliques de l'EPFL
<b>LHE - EPFL</b>	Laboratoire d' <b>H</b> ydraulique <b>E</b> nvironnementale de l'EPFL
<b>LIDAR</b>	<b>L</b> ight <b>D</b> etection <b>a</b> nd <b>R</b> anging
<b>LTHE</b>	Laboratoire d'Étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (Université de Grenoble)
<b>MINDS</b>	Modèle d'aide à la décision de MINERVE
<b>MINERVE</b>	(Système de) <b>M</b> odélisation des <b>I</b> ntempéries <b>E</b> xtrêmes des <b>R</b> ivières <b>V</b> alaisannes et de leurs <b>E</b> ffets
<b>OFEV</b>	Office fédéral de l'environnement
<b>PCR</b>	Section Protection contre les Crues du Rhône du SRTCE
<b>R3</b>	Projet de 3 <sup>ème</sup> correction du Rhône
<b>REGIS</b>	BD eaux souterraines cantonale opérationnelle depuis 2003
<b>RFID</b>	<b>R</b> adio <b>f</b> requency <b>i</b> dentification
<b>RiskNat</b>	Projet stratégique Interreg IV : gestion en sécurité des territoires de montagne transfrontaliers
<b>RSM, RS Minerve</b>	<b>R</b> outing <b>S</b> ystem <b>M</b> inerve
<b>SEFH</b>	Service cantonal de l'énergie et des forces hydrauliques
<b>SFP</b>	Service cantonal des forêts et du paysage
<b>SRFG</b>	Service du registre foncier et de la géomatique
<b>SPE</b>	Service cantonal de la protection de l'environnement
<b>SGN</b>	Swisstopo - Service géologique national
<b>SIG, SIRS</b>	Système d'Information Géographique, Système d'Information à Références Spatiales
<b>SRTCE</b>	Service cantonal des routes, transports et cours d'eau
<b>STRADA</b>	« Stratégie d'adaptation aux changements climatiques pour la gestion des risques naturels »
<b>Swisstopo</b>	Office fédéral de topographie
<b>SwissTLM3D</b>	Modèle topographique du paysage à grande échelle (Suisse), de Swisstopo
<b>VdA</b>	Région Vallée d'Aoste (I)
<b>WSL-SLF</b>	Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft - Institut für Schnee- und Lawinenforschung

# 1. MANDATS INSTITUTIONNELS ET D'APPUI

## 1.1 HYDROGEOLOGIE

Dans le domaine des ressources en eau (eau potable et/ou d'irrigation), c'est bien entendu la nappe phréatique de la plaine du Rhône qui, de Gletsch au Bouveret, retient la plus grande attention. Bien qu'aujourd'hui ce ne soient que les cinquante premiers mètres de cet aquifère qui fassent l'objet d'une surveillance continue par le CREALP, n'oublions pas qu'avec une épaisseur d'alluvions de 200 m à Brigue et 1000 m à Martigny l'aquifère rhodanien recèle potentiellement les plus grandes réserves du château d'eau rhodanien. Encore faut-il effectuer un minimum de vérifications par forage !

Devenu au fil des années le gestionnaire cantonal de l'aquifère rhodanien, le CREALP poursuit les tâches afférentes à cette mission : maintenance des 130 stations de mesure des paramètres de la nappe ainsi que le traitement et l'archivage de ceux-ci dans la BD REGIS. La modernisation du réseau s'est poursuivie cette année avec le remplacement de 25 stations de mesures par du matériel de dernière génération. Aujourd'hui 95% du réseau est désormais équipé de matériel de moins de 5 ans d'âge.

En collaboration avec le groupe *Eaux souterraines* du SPE, le CREALP s'attache actuellement à redéfinir la stratégie cantonale de surveillance des eaux souterraines depuis la prise de mesure et l'archivage des données jusqu'à leur valorisation sous forme de produits « clients » (portail web, cartes, bulletins, etc.). Dans cette perspective, est en cours de développement un processus d'élaboration - directement à partir des mesures télétransmises (plus d'une trentaine de stations équipées aujourd'hui et 75 prévues en 2015) - des cartes mensuelles du niveau de la nappe phréatique. Cette application devrait être opérationnelle dès 2015.

## 1.2 GEOLOGIE

### 1.2.1 Levé de l'Atlas géologique national 1: 25'000

La collaboration technique et financière instaurée il y a plus de vingt ans entre le SGN et le CREALP pour lever et éditer les cartes géologiques valaisannes a permis d'avancer sur les cartes et actions suivantes :

- **Sion – 1306** : le transfert des données originales (format ArcGis) vers le format de référence ToolMap2 a été achevé. Cela a permis d'intégrer la feuille Sion dans le jeu de données du projet « Geocover » et d'offrir du même coup la version vectorielle de la feuille. La méthodologie développée servira de référence pour actualiser d'autres projets.
- **Raron – 1288** : des levés de terrain complémentaires ont été effectués aux fins d'éditer la version papier de la carte.
- **Projet Harmos** (Swisstopo) : des séances de travail ont permis d'avancer sur l'harmonisation du contenu des cartes valaisannes avec celles limitrophes de la Vallée d'Aoste en vue d'améliorer la qualité des données géologiques le long de la frontière CH-I.

### 1.2.2 Suivi des glissements de référence cantonale

L'activité des glissements de terrain de Mirois (Val-d'Illiez), Montagnon (Leytron) Boup (Montana), Pont-du-Bois & Morasses (Anniviers) tend à indiquer que, malgré la pluviosité

annuelle quasi identique des deux dernières années, les mouvements de terrain sont inférieurs à ceux attendus en regard de la recharge significative de ces aquifères par les précipitations (cf. fig. 1 et 2).

Le lecteur intéressé trouvera sur [www.crealp.ch](http://www.crealp.ch) les rapports d'activité précédents dans lesquels sont consignés année par année les travaux et suivis relatifs à ces glissements de référence.

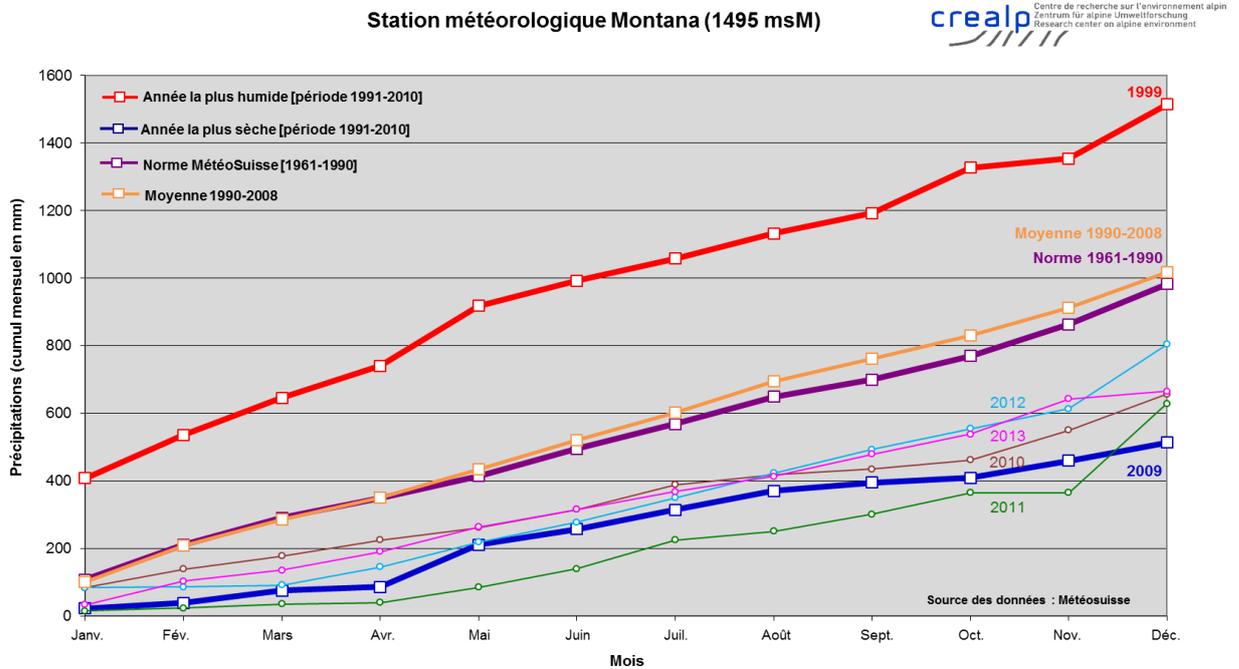


Figure 1 : Superposition des courbes pluviométriques annuelles 2008 à 2013 - Station météo Montana

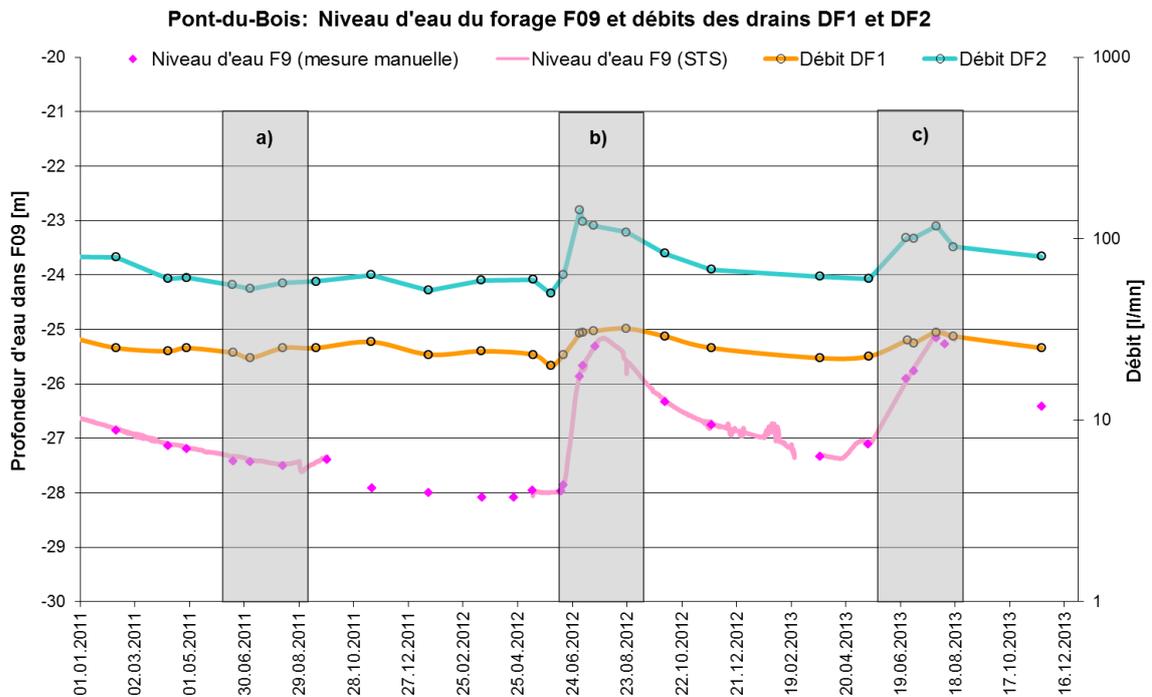


Figure 2 : Glissement du Pont-du-Bois : comportement de la piézométrie (F09) et des débits des drains forcés (DF1 & DF2) au cours des étés 2011 (a), 2012 (b) et 2013 (c).

### 1.2.3 Mouvements permanents

La carte de glissement réalisée en 2011 par l'OFEV sur le territoire cantonal à partir de données InSAR a été superposée aux mensurations cadastrales historiques du SRFG et aux cartes communales de danger géologique établies sur la base des recommandations fédérales de 1997 (voir rapport 2012). La livraison très tardive de ces données a fait que seul le territoire de la commune d'Icogne a pu être traité à ce jour. Le SRFG a néanmoins pu améliorer et consolider la procédure de mise à l'enquête et, suite aux remarques émises par le CREALP, reconsidérer en partie l'approche pour la délimitation des zones en mouvement permanent.

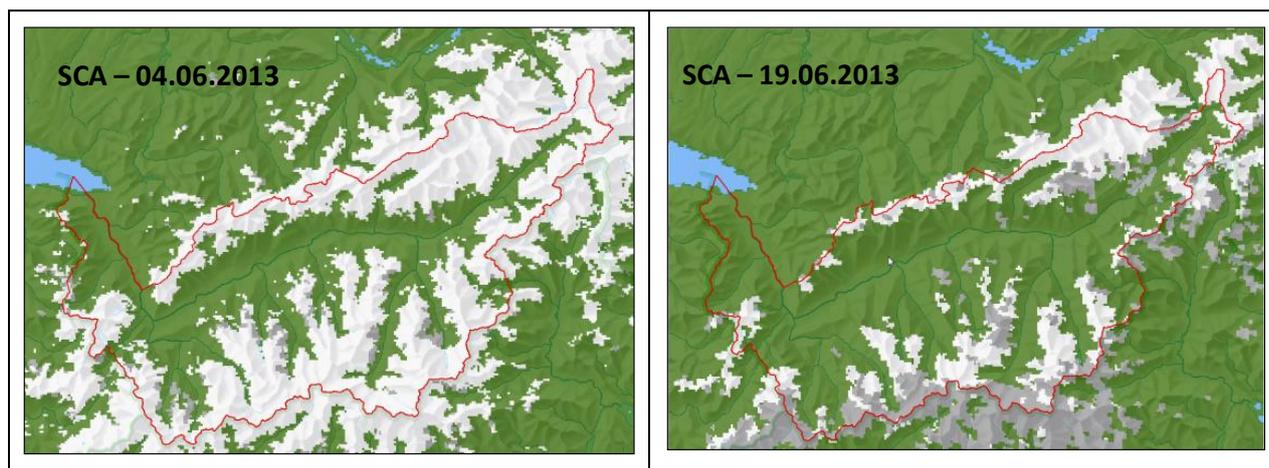
## 1.3 HYDROLOGIE & METEO-CLIMATOLOGIE

### 1.3.1 Suivi des événements hydro-météorologiques

Le résultat des travaux menés depuis plus de deux ans par le Pôle GestCrues a permis à CERISE de gérer avec satisfaction les trois épisodes de crues du Rhône survenus durant l'été. Ces événements « mineurs » ont été néanmoins riches d'enseignements autant pour détecter les situations hydrométéorologiques potentiellement dangereuses que pour roder les procédures cantonales de gestion des crues.

#### ▪ Crue du 17-21 juin 2013

Grâce à l'expérience accumulée lors des événements précédents (cf. rapport 2012), cette crue a pu être relativement bien anticipée. Elle résulte d'une conjonction de facteurs prédisposants déjà identifiés en juillet 2012: persistance d'un important manteau neigeux hivernal combinée à une fonte soutenue (fig. 3) générée par la forte élévation [10 à 15 °C] en moins de 2 semaines des températures moyennes. Il en est découlé une augmentation importante des débits de la plupart des cours d'eau latéraux. CERISE est entrée en phase de vigilance le 19 juin suite à un avis Météo-CH de degré 3 (50-80mm de précipitations). Des cumuls de quelque 30 mm ont finalement été mesurés le 20 juin sur les crêtes est, sud et ouest du canton. Le débit du Rhône a montré des pointes équivalant à des temps de retour de 2 à 5 ans.



**Figure 3:** Suivi de la fonte nivale – évolution de la couverture neigeuse (SCA = snow covered area) entre les 4 et 19 juin 2013

#### ▪ Crue du 29 juillet 2013

Cette crue se caractérise par le gonflement rapide et quasi simultané des principaux cours d'eaux latéraux. Le 28 juillet, l'avis degré 3 de Météo-CH prévoyait des *orages violents généralisés*. Un front a touché l'ensemble du territoire cantonal dans la nuit du 28 et y a stationné le jour suivant. Il en est résulté d'abondantes précipitations à caractère orageux sur tout le canton, alors que les prévisions COSMO n'annonçaient des cumuls importants que très épars suivis d'une évacuation rapide vers l'est. C'est donc seulement le 29 que CERISE a passé en mode *vigilance* avec un suivi resserré des opérateurs GestCrues.

Il était finalement difficile d'imaginer que ça allait tourner en une situation « plus classique » de *précipitations intenses* ordinairement générées par des fronts actifs en provenance du Sud ou de l'Ouest.

La période de retour des débits de pointe (fig. 4) était de 10 ans pour la Vispa et le Rhône à la Porte du Scex, et 30 ans pour le Rhône à Reckingen et Branson.

#### ■ Crue des 7-8 août 2013

Météo-CH a émis le 4 août un avis « d'orages violents généralisés » de degré 3 qui a mis CERISE en mode *vigilance* pour suivre une situation qui s'annonçait analogue à celle du 29 juillet. L'événement s'est finalement déroulé en deux phases. Un 1<sup>er</sup> épisode a touché la crête des Alpes valaisannes le 7 août avec des précipitations concentrées dans la soirée sur le fond des vallées d'Hérens, d'Anniviers et de Zermatt. Des débâcles alluviales se sont produites au Plat-de-la-Lé (Navizence à Zinal) et à Satarma (Borgne d'Arolla). Le débit de la Vispa, qui a atteint 140 m<sup>3</sup>/s à Visp, était de 65 m<sup>3</sup>/s à la sortie de Zermatt malgré les 55 m<sup>3</sup>/s dérivés à l'amont vers le barrage de la Grande-Dixence via le collecteur Hohwäng-Cheilon. Cette situation a nécessité l'évacuation dans la nuit du camping de Täsch. Au matin du 8 août, un 2<sup>ème</sup> épisode de précipitations orageuses a touché la Vallée de Conches et le Binntal (90 mm en qq. heures), causant une crue décennale du Rhône, caractérisée par une montée des eaux et une décrue très rapides (fig. 4).

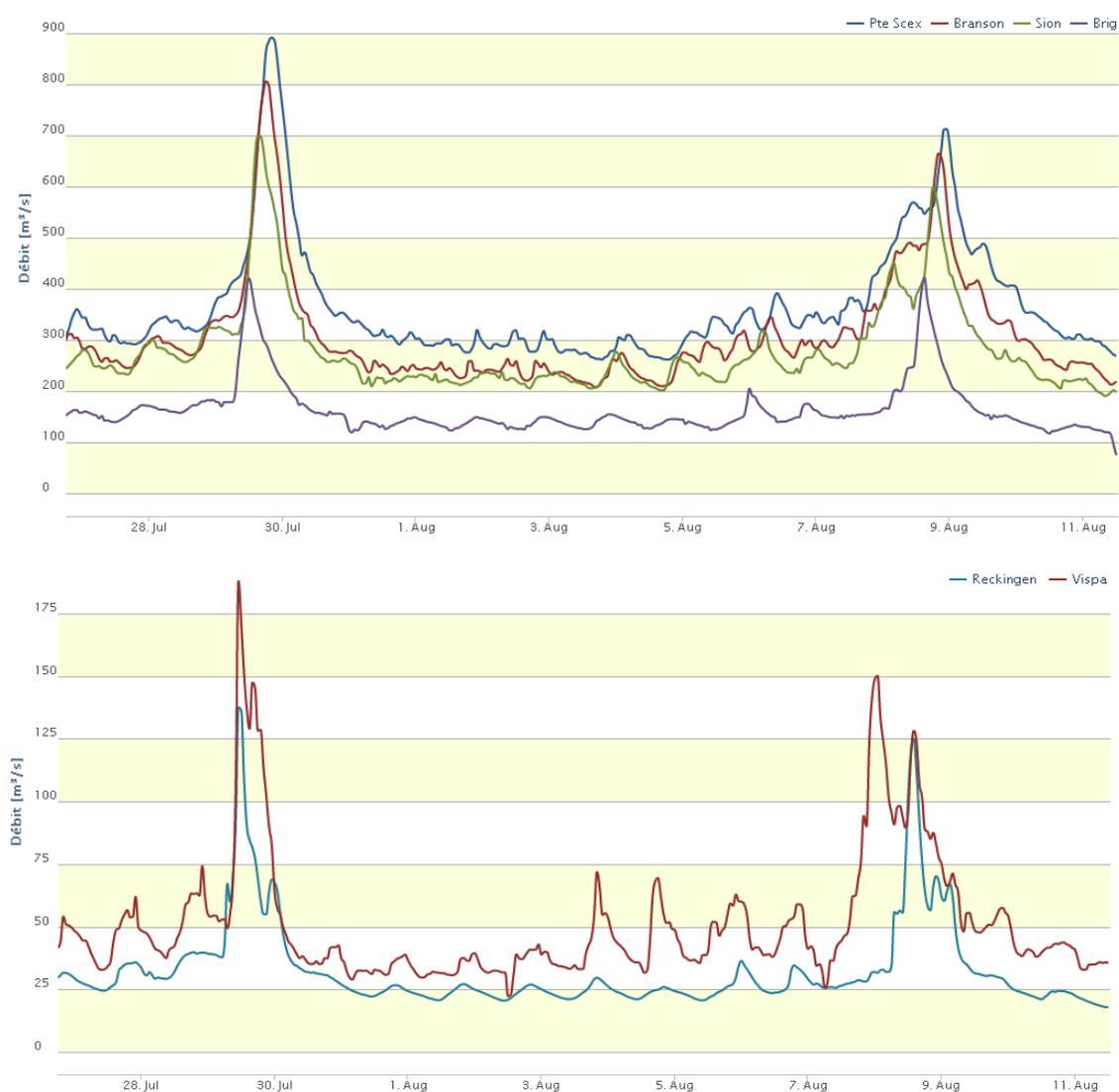


Figure 4 : Pointes de crue des 29 juillet et 8 août 2013 sur la Vispa à Viège et les cinq stations du Rhône

### 1.3.2 Télésurveillance des instabilités et des cours d'eau

#### Réseau GUARDAVAL

Sept nouvelles stations *météo-extensométriques* ont été installées en 2013 sur les sites de l'Aminona (Mollens), Lienne (Icogne), Rosselin (Riddes), Mel de la Niva (Evolène) et 3 sites dans le Mattertal entre Randa et Zermatt. A fin 2013, le réseau de télésurveillance comptait :

- 15 stations météo-géologiques, dédiées à la surveillance des instabilités
- 15 stations hydrologiques sur le Rhône et ses affluents
- 8 stations météo (précipitations, T°air, hauteur de neige)
- 5 stations hydrogéologiques dédiées au suivi des glissements de terrain.

L'infogérance et la maintenance du réseau GUARDAVAL sont aujourd'hui assurées par la section H2G du SRTCE, appuyée pour l'installation des stations par celle de la Logistique.

Parmi les événements ayant nécessité la pose de stations GUARDAVAL, citons les éboulements de :

- **La Lienne**

L'éboulement de la Lienne le 01.02.2013 a entraîné la formation d'un cône de matériaux juste avant la sortie des gorges. Afin de prévenir tout risque d'obstruction de l'écoulement, une purge contrôlée a été déclenchée mi-juin à partir du barrage de Zeuzier pour assurer le déblaiement progressif du matériel accumulé dans le cours d'eau. Le CREALP a profité de cette purge pour effectuer un test de mesure dans la Lienne à l'aide d'hydrophones et pour assurer un suivi visuel de cette action.

- **La Fare (Rosselin)**

Consécutivement à l'éboulement du Rosselin survenu le 17.05.2013, d'importantes quantités de matériaux se sont éboulés dans les gorges de la Fare. En complément du dispositif de surveillance de la masse instable et afin de prévenir tout risque d'embâcle, le CREALP a proposé et coordonné l'installation de 3 stations de mesures du niveau d'eau (mesures radar et mesures de pression) déployées respectivement à l'amont, au niveau et à l'aval de la masse éboulée. Différents seuils d'alarmes ont été configurés sur les stations médianes et aval permettant de prévenir toute augmentation (zone médiane) ou diminution (station avale) suspecte du niveau d'eau pouvant être liée à une obstruction du lit. En cas d'alarme, la configuration étagée du dispositif permet, par une analyse comparée des niveaux fournis par les différentes stations, d'attester ou non l'occurrence d'une situation à risque.

#### Réseau hydrométrique cantonal

Six nouvelles stations équipent les cours d'eau latéraux: Vièze (Monthey), Trient (Vernayaz), Morge (Conthey), Borgne (Bramois & Evolène), Navisence (Chippis). Le tableau 1 fournit une vision synoptique du réseau à fin 2013.

RÉGION	STATIONS	SITE			EQUIPEMENT			DATA		STATUS
		Reconnaissance	Implantation	Installation	Nivellement	Alarmes	Acquisition à distance	Publication GU ARDAVAL		
BAS-VALAIS	VIEZE	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	TRIENT	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	DRANCES	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	Entremenont Ferret	■	■	■	■	■	■	■	■	●
VALAIS CENTRAL	Torrent de VELLA	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	MORGE	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	PRINTZE	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	BORGNE	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	Bramois Evolène	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	NAVISENCE	■	■	■	■	■	■	■	■	●
HAUT-VALAIS	LONZA	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	MATTERVISPA	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	SAASSERVISPA	■	■	■	■	■	■	■	■	●
	CHELCHBACH	■	■	■	■	■	■	■	■	●
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>									

■ : réalisé  
 ■ : en cours  
 ■ : à réaliser  
 ● : opérationnelle  
 ● : partiellement opérationnelle  
 ● : non opérationnelle

Tableau 1 : Réseau hydrométrique cantonal – résumé synoptique de l'état d'avancement des travaux à fin 2013

### 1.3.3 Activité du Pôle GestCrues

Aujourd'hui MINERVE est pleinement opérationnel pour gérer les situations de crise liées aux crues du Rhône. Il permet à la cellule CERISE de préavisier à l'intention des Etats-majors de crise les niveaux d'intervention et le déclenchement des mesures de protection adéquates.

#### 1.3.3.1 Système opérationnel de prévisions HYDROMETEO

Tel qu'architecturé, MINERVE s'articule autour de trois outils (fig. 5) :

<b>BD POLHYDRO</b>	Base de données cantonale dédiée à la gestion des données HYDROMETEO
<b>RS MINERVE</b>	Modèle dédié au calcul des prévisions hydrologiques
<b>Portail POLHYDRO</b>	Portail d'information permettant d'accéder aux données HYDROMETEO (données entrantes) et de prévisions de débits (données sortantes)

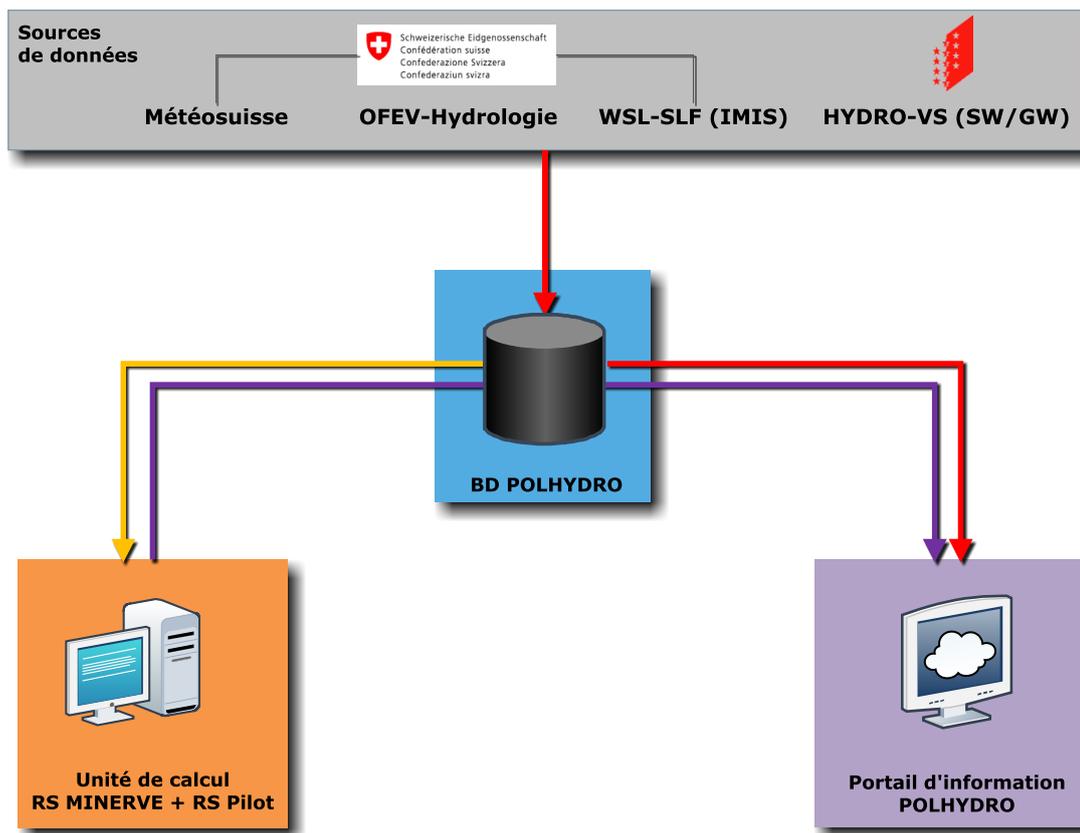


Figure 5 : Architecture générale de MINERVE

Les développements 2013 ont permis de consolider l'utilisation de ces trois outils comme suit :

#### BD POLHYDRO :

- Finalisation et implémentation de la structure de la base de données.
- Importation et consolidation des données d'observation et de prévisions émanant des différentes sources de données exploitées pour la prévision et la gestion des crues : Météo-CH, OFEV, WSL-SLF.

#### RS MINERVE :

- Implémentation et mise en œuvre opérationnelle du module *DataSetManager* gérant les échanges de données BD POLHYDRO  $\leftrightarrow$  RS MINERVE.
- Implémentation et mise en œuvre opérationnelle du module RSPilot permettant de piloter RS MINERVE en déclenchant notamment le calcul automatique d'une nouvelle simulation de débit sitôt qu'une nouvelle prévision météorologique est disponible.
- Redécoupage du modèle hydrologique du bassin versant du Rhône afin d'offrir une prise en compte plus précise des processus hydro-météo, tout en minimisant la complexité du modèle. Le nouveau découpage (cf. fig. 6) dénombre dorénavant 245 sous-bassins (anc. 239) et 1342 bandes d'altitude (anc. 1059)
- Mise à jour de la couverture glaciaire en s'appuyant sur les données du nouveau produit numérique swissTLM3D de Swisstopo.

#### Portail POLHYDRO :

- Réorganisation de l'information
- Amélioration des différents modes de représentation et d'accès à l'information (cartes, graphiques, tableaux, bulletin de veille HYDROMETEO)
- Génération automatique du bulletin de veille HYDROMETEO
- Analyse des futures évolutions (navigation repensée avec amélioration de l'interactivité, application mobile, version 'Communes', etc.)

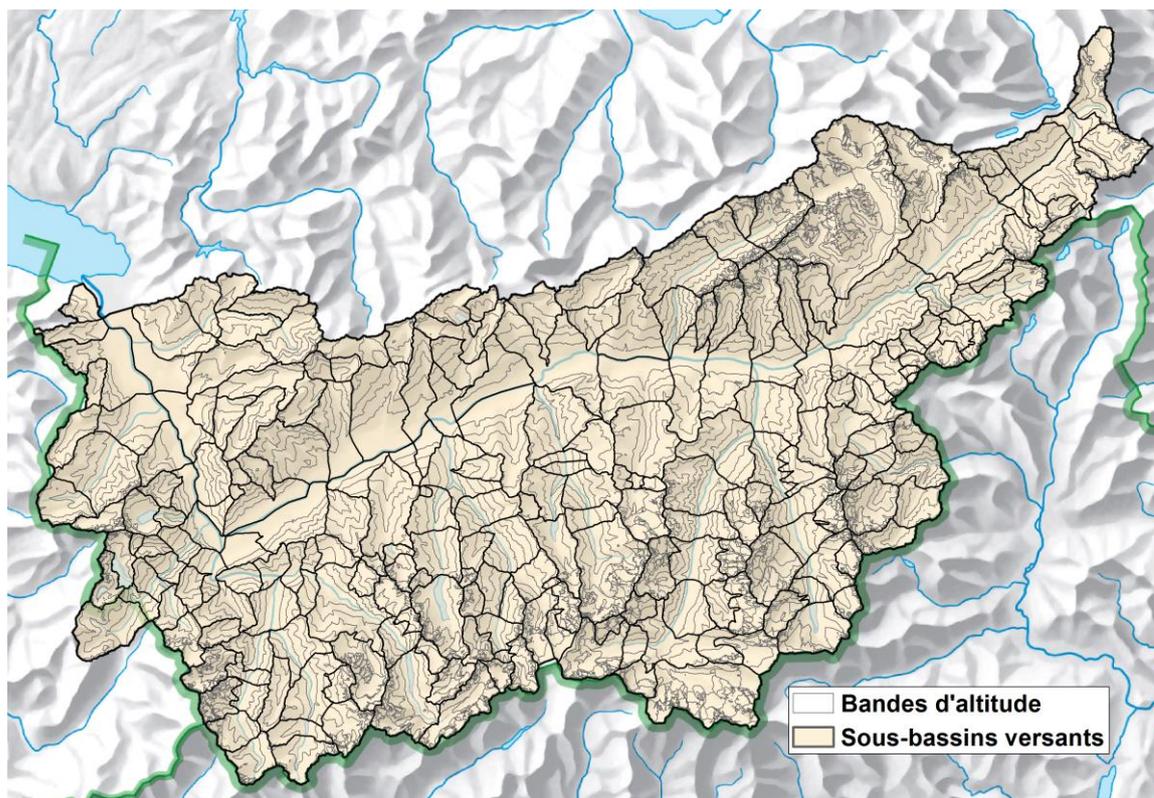


Figure 6 : Nouveau découpage du modèle hydrologique utilisé par MINERVE

### 1.3.3.2 Mandats d'appui externes

Le Pôle a fait bénéficier de son expertise deux projets externes :

- **Projet "Renaturation des Eaux":**

Le SEFH a sollicité Le Pôle pour caractériser les débits du Rhône et ses affluents dans le cadre de la planification du projet mentionné en marge. A cet effet, Le Pôle a collaboré avec les bureaux BG et HydroCosmos afin de fournir les données requises aux mandataires. Le logiciel RS MINERVE a été utilisé pour les besoins de l'étude avec le modèle hydrologique GSM-SOCONT qui a été adapté et calibré à l'échelle du canton du Valais afin de fournir une base de calcul hydrologique homogène.

- **Projet Glacier 513 :**

Le Pôle a poursuivi sa contribution d'expert à ce projet EPFL-LCH & Uni-Zurich (voir rapport 2012) qui porte sur l'étude d'un glacier dont le retrait a entraîné la formation d'un lac glaciaire dont la rupture pourrait menacer la population locale. A ce stade une télésurveillance a été installée et une carte de danger lave torrentielle réalisée.

### 1.3.4 Gestion des préavis R3

Le CREALP a poursuivi la gestion institutionnelle des préavis et sa mission d'information aux requérants d'autorisation de construire dans les zones de danger d'inondation du Rhône pour la section PCR du SRTCE. En 2013, 594 dossiers ont été traités, répartis comme suit (fig. 7) :

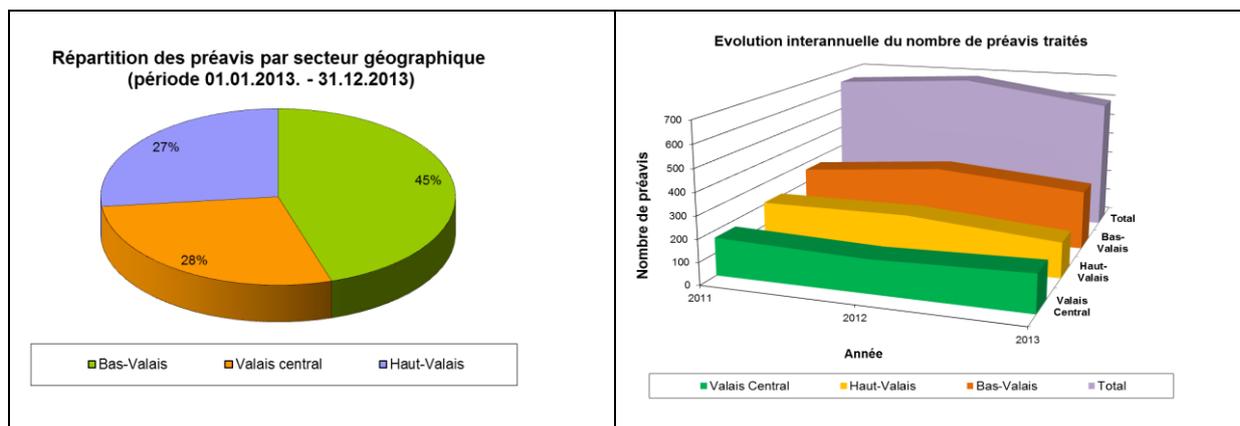


Figure 7 : Répartition des préavis R3 par région et évolution interannuelle du nombre de dossiers traités

## 2. PARTICIPATION AUX PROJETS INTERREG IV

### 2.1. PROJET STRATEGIQUE RISKNET

Dans le cadre du volet *Communication & Formation* du projet **RiskNET** (2012-15), qui a succédé au projet RiskNat, le CREALP a permis à une quinzaine d'ingénieurs spécialisés en génie parasismique de participer au premier atelier transfrontalier de décembre 2013 portant sur la préparation du canton à un séisme majeur. Il a aussi organisé le séminaire « Test de formation des ingénieurs post-sismiques » tenu à Sierre les 19-20 février 2014.

### 2.2. PROJET STRADA

Ce projet bouclé au printemps 2013 a encore permis d'installer au col de Cou (2'600 alt.) une caméra numérique automatique pour suivre (rythme d'acquisition : 4h) l'évolution de la couverture neigeuse durant la période de fonte printanière (cf. fig. 8). Une acquisition LIDAR au aussi été réalisée sur l'intégralité du bassin versant de Réchy (env. 17 km<sup>2</sup>).

Sur la base des observations hydrométéorologiques menées dans le cadre du projet STRADA, un modèle hydrologique du bassin de Réchy mettant en œuvre RS MINERVE a été développé pour tenter *i)* d'évaluer la part d'eau d'origine nivale dans les débits de la Rèche et de la source de la Lé, *ii)* d'évaluer l'impact sur ces mêmes débits de différents scénarios climatiques intégrant l'évolution des précipitations et des températures telles que pronostiquées pour les prochaines décennies.

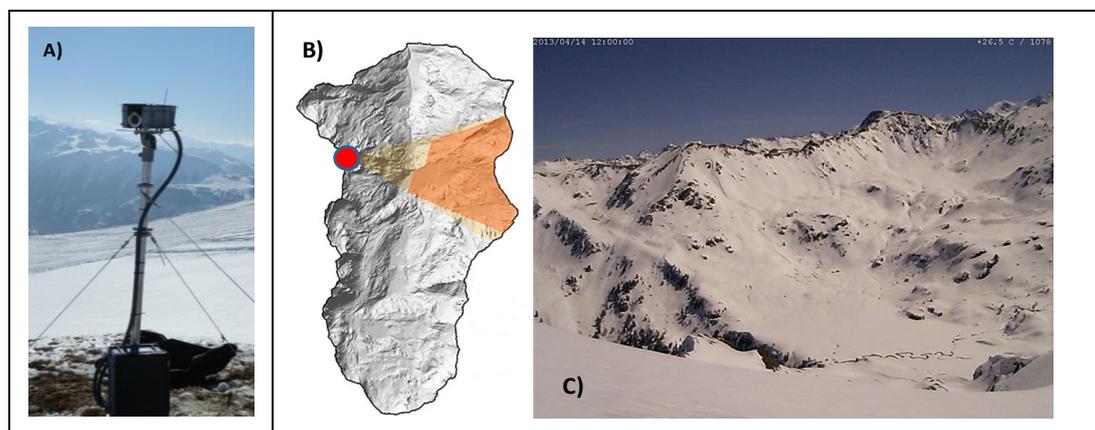


Figure 8 : Suivi de la fonte nivale dans le vallon de Réchy, [a+b] caméra avec sa position et son angle de prise de vue, [c] exemple de cliché

### 3. PROGRAMMES RECHERCHE & DEVELOPPEMENT

#### 3.1 ETUDE METHODOLOGIQUE *PERMAFROST A RISQUE*

##### 3.1.1 Monitoring du « glacier » Bonnard (Anniviers)

###### 3.1.1.1 Evénements 2013

Comme l'indique la date des événements reportés sur la figure 9, le suivi du site de Bonnard au cours des deux dernières années démontre que le départ de laves se produit à la fin de la période de fonte. La photo ci-après (fig. 10) donne l'état d'érosion de la niche à la fin juillet. Y apparaît aussi à droite (pourtour bleu) un lambeau de glace assimilé à la semelle du glacier.

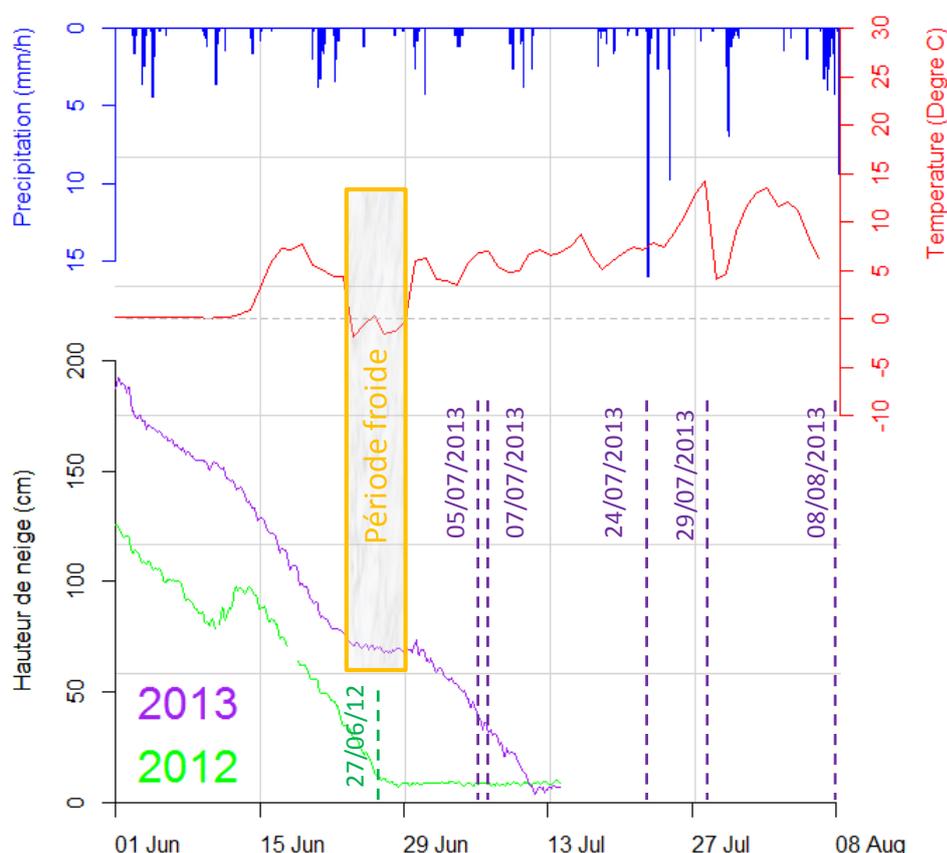


Figure 9 : Evénements observés sur le site de Bonnard en 2013

Suite aux événements de juillet, le dépotoir - qui n'avait pas été vidangé au début de l'été - a été submergé lors de la crue des 7-8 août (cf. 1.3.1). La lave a franchi l'enceinte du dépotoir et a momentanément obstrué le lit de la Navisence, ce qui a provoqué la destruction de la station de mesure du charriage installée à cet endroit depuis plus de deux ans. Relevons que c'est l'une des seules stations de ce type en Suisse qui permettait de quantifier online les volumes d'eau et de sédiments à la sortie d'un torrent glaciaire tel que celui qui traverse le Plat-de-la-Lé. Les mesures effectuées servent autant la recherche scientifique que les besoins la société hydroélectrique exploitant les eaux du bassin versant.



**Figure 10** : « Glacier » Bonnard : en rouge la niche d'arrachement avant les départs de lave de juillet.  
Photo B : détail du lambeau de glace délimité en bleu.

### 3.1.1.2 Plan d'urgence

Le risque que génère le "glacier" Bonnard pour Zinal nécessite un concept de surveillance pour prévenir au mieux le départ des laves. Suite aux résultats obtenus dans le cadre du projet INTERREG RISK NAT ALCOTRA (2009-12), le CREALP a proposé et supervisé dans le cadre du plan d'urgence communal le déploiement sur site d'une batterie de capteurs autant pour mesurer en continu la température du « glacier » en surface et profondeur que pour détecter le passage de la lave (fig. 11).



**Figure 11** : Détails du dispositif de monitoring installé au « glacier » Bonnard dans le cadre du plan d'urgence :  
A) chaîne thermistors dans forage, B) mesures de T° en surface, C) détecteur de lave.

### 3.1.2 Programme pilote OFEV-CC

Dans le cadre du cluster « Gestion des dangers naturels » de son programme pilote *Adaptation aux changements climatiques*, l'OFEV va, dès 2014, soutenir scientifiquement et financièrement une étude des sites de permafrost à risque du canton. Ce programme va, selon l'exemple de Bonnard, permettre d'obtenir à l'aide de géophysique et forages des données profondes pour dimensionner les scénarii de départ de laves et ainsi compléter les informations indispensables à la gestion du risque qui en découle pour les communes concernées par ce type de danger. Financé pour moitié par l'OFEV et moitié par le DTEE (2/3 SRTCE et 1/3 SFP) ce projet va notamment, à l'instigation du Géologue cantonal, travailler sur le site de permafrost à risque de Gugla/Breithorn (Herbruggen/Mattental) que surveille depuis plusieurs années l'Institut de géographie de l'université de Fribourg sur mandat du SFP. Le but final est de mener un projet pilote pour fournir au plan d'urgence communal une plateforme de monitoring et d'information pour gérer le danger généré par ce type de site.

## 3.2 PROJET MATEROSION

Financé depuis plusieurs années pour moitié sur fonds propres du CREALP et pour moitié par la section H2G du SRTCE, ce projet est aujourd'hui en mesure d'évaluer quantitativement le volume de sédiments transitant à la station de mesure de Zinal (cf. aussi § 3.1.1.1). De récents travaux ont notamment permis de progresser dans la connaissance de paramètres tels que la vitesse de transport des sédiments, la géométrie du lit et les débits d'entrée dans le modèle hydrologique. L'Annexe 1 détaille l'activité 2013 de ce projet.

## 3.3 OBSERVATOIRE ENVIRONNEMENTAL

Parmi les quatre produits répertoriés dans le tableau 2 ci-après, l'Observatoire a travaillé sur :

### 3.3.1 La fonte de la couverture neigeuse

L'analyse de la répartition des stocks d'eau que représente la couverture neigeuse revêt de multiples intérêts que ce soit au niveau *i)* de la mise en œuvre des modèles hydrologiques, *ii)* de la gestion des ressources hydriques et *iii)* de la gestion des dangers hydrologiques (crues, laves torrentielles). Cette analyse réalisée dans le cadre du projet STRADA représente un intérêt certain pour MINERVE dont la veille hydrométéorologique.

Produits	Thématiques		
	Ressources en eau	Dangers naturels	Changements climatiques
Couverture neigeuse et fonte	●	●	●
Catalogue de projets	●	●	●
Portail web HYDRO	●		●
Cadastre des forages	●	●	

**Tableau 2 :** Produits dont le CREALP cherche à promouvoir la valorisation à partir des thématiques d'actualité dans le domaine de l'environnement alpin

Les données satellitaires MODIS<sup>1</sup> permettent d'obtenir actuellement diverses cartes au sol :

- Carte d'extension de la couverture neigeuse (info qualitative sur présence ou non de neige à l'échelle du pixel),
- Carte de la fraction de la surface enneigée (info quantitative sur la fraction de neige à l'échelle sub-pixel),
- Carte d'extension maximale de la carte couverture neigeuse (calculée sur les 8 derniers jours).

Les données MODIS sont aujourd'hui intégrées dans le processus de la prévision hydrologique opérationnelle MINERVE. Elles font l'objet d'un traitement automatisé autant pour l'utilisation au quotidien que pour la valorisation des archives MODIS disponibles depuis 2000 (fig. 12). Les produits déjà disponibles sont la carte journalière de l'extension de la couverture neigeuse, celles (inter)annuelles du nombre de jours d'enneigement ainsi que l'évolution mensuelle de la surface totale enneigée en comparaison de l'évolution interannuelle 2000-2012.

Il est prévu en 2014 de pouvoir suivre au long cours l'évolution de la couverture neigeuse à différents niveaux d'échelle (canton, bassin versant, etc.) et d'intégrer une meilleure représentation du stock de neige dans le modèle hydrologique RS MINERVE afin d'améliorer la qualité des prévisions hydrologiques.

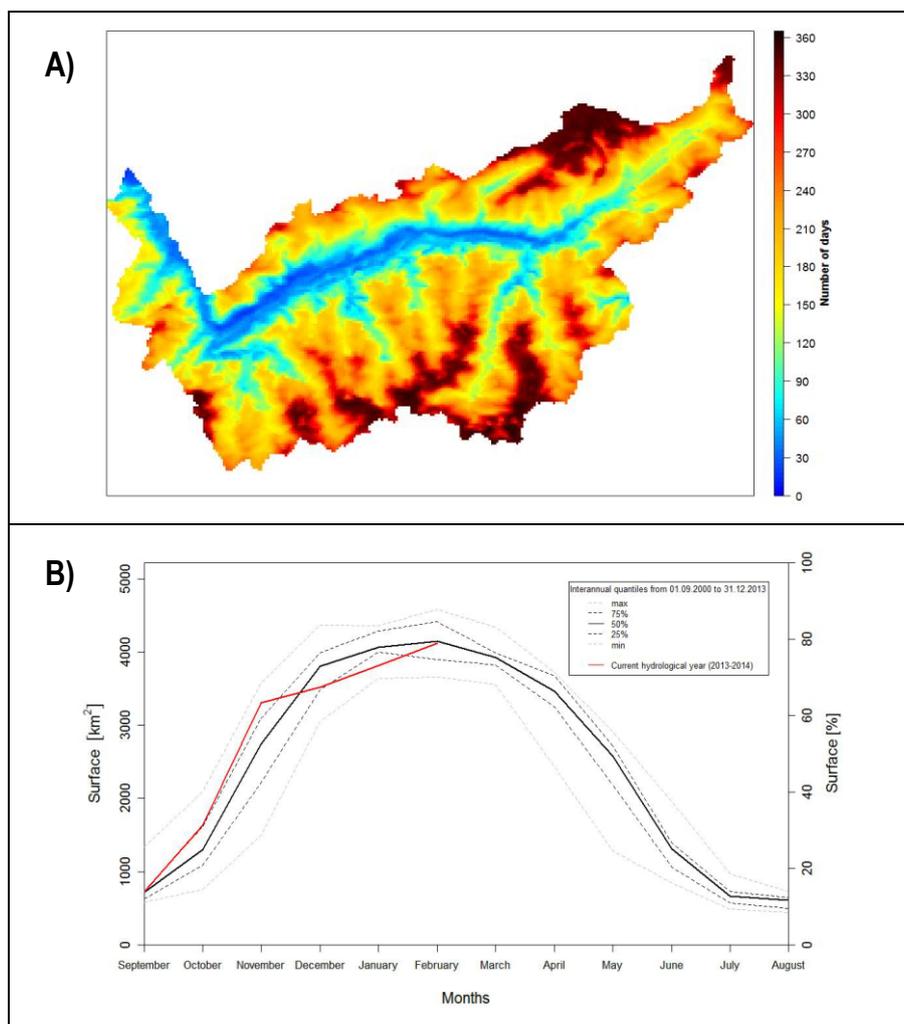
D'autre part, une routine de calcul a été développée en interne pour évaluer l'index de température livré par le modèle *degrés-jours*<sup>2</sup> à partir des données de température fournies par les stations disponibles sur le territoire cantonal. Une fois finalisé, ce produit offrira un outil permettant d'assurer un suivi qualitatif de l'évolution de la fonte nivale (et par conséquent des débits des cours d'eau latéraux) à l'échelle cantonale.

### 3.3.2 Cadastre cantonal des forages

L'application *cadastre géologique* a été portée sur une plateforme informatique entièrement remise à jour au niveau de ses composants applicatifs (MySQL, PHP, etc.). Cette étape était indispensable pour permettre le déploiement de l'application au niveau cantonal. Le cadastre est désormais en production et accessible en consultation libre et/ou en édition (moyennant la demande d'un compte utilisateur) à partir du lien : [geocadast.crealp.ch](http://geocadast.crealp.ch).

<sup>1</sup> Le capteur MODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) conçu pour les besoins du programme EOS (Earth Observation System) de la NASA est principalement dédié à l'étude de la cryosphère (neige – glace) dans l'optique d'évaluer les effets des changements climatiques. Il équipe actuellement deux satellites, Terra et Aqua opérationnels respectivement depuis fin 1999 et mi-2002. Les données obtenues offrent une résolution spatiale de 500 m et sont fournies sous forme de produits journaliers et composites calculés sur une période de 8 jours.

<sup>2</sup> Ce modèle est classiquement utilisé en hydrologie pour modéliser la fonte nivale. L'index de température donne une idée du taux d'échauffement (degrés-jours positifs) ou à contrario de refroidissement (degrés-jours négatifs) à un pas de temps donné (horaire, journalier). Il est calculé en sommant, sur une période donnée, les incréments positifs ou négatifs par rapport à un seuil de température fixé (p.ex. 0°C).



**Figure 12 :** Exemples de valorisation des données MODIS : A) nombre de jours d'enneigement – moyenne inter-annuelle de la période 2000-13, B) évolution de la surface totale enneigée de l'année hydrologique 2013-14 (courbe rouge) en comparaison de l'évolution interannuelle 2000-13.

Un accès sera également disponible prochainement via le site web CREALP à partir duquel les utilisateurs accéderont à la documentation de l'application, au formulaire de demande de création de compte ainsi qu'à divers contenus en rapport la gestion des données du sous-sol.

Le CREALP a fourni un appui technique à la commune de Bagnes dans le cadre d'un projet pilote mené par celle-ci avec le SPE aux fins d'implémenter son cadastre communal des forages. Plus de 300 sondages ont ainsi été répertoriés et archivés dans la base de données portant désormais le nombre de forages recensés à un peu moins de 1'000.

Le cadastre géologique et le projet bagnard ont été présentés le 05.12.2013 lors d'une information sur la *Gestion des données de forage en Valais* qui était organisée par le GPE SIA-Valais et le SPE.

## 3.4 PROJETS GEO-INFORMATIQUES

### 3.4.1 Logiciel RS MINERVE

Élément-clé du fonctionnement de MINERVE, le logiciel RS MINERVE a été grandement amélioré depuis deux ans avec l'aide de l'EPFL et de l'UniPoly de Valence (cf. fig. 13). Il a aussi profité du retour d'expérience des chercheurs qui travaillent avec cet outil dans le cadre des projets auxquels ils participent en Suisse, Espagne, Pérou et Afghanistan. RS Minerve est

également utilisé par l'EPFL comme outil de formation pour ses étudiants. Parmi les développements notables réalisés et/ou engagés en 2013, on citera :

- L'intégration complète des modèles pluie-débit GSM, SOCONT, SAC-SMA, GR4J et HBV.
- Le développement du module RS Expert, réalisé spécialement pour les instituts de recherche qui permet d'évaluer et de comparer de façon aisée les résultats des simulations hydrologiques et hydrauliques via deux modes de simulations complémentaires : I) la simulation en série qui optimise au niveau capacité de calcul la prise en compte et l'analyse de longues séries de données, II) la simulation en parallèle qui introduit la possibilité de comparer plusieurs scénarii météorologiques et/ou jeux de paramètres et/ou conditions initiales pour évaluer la sensibilité du modèle.
- Le développement d'un module de calibration automatique (intégré à RS Expert) implémentant l'algorithme SCE-UA.

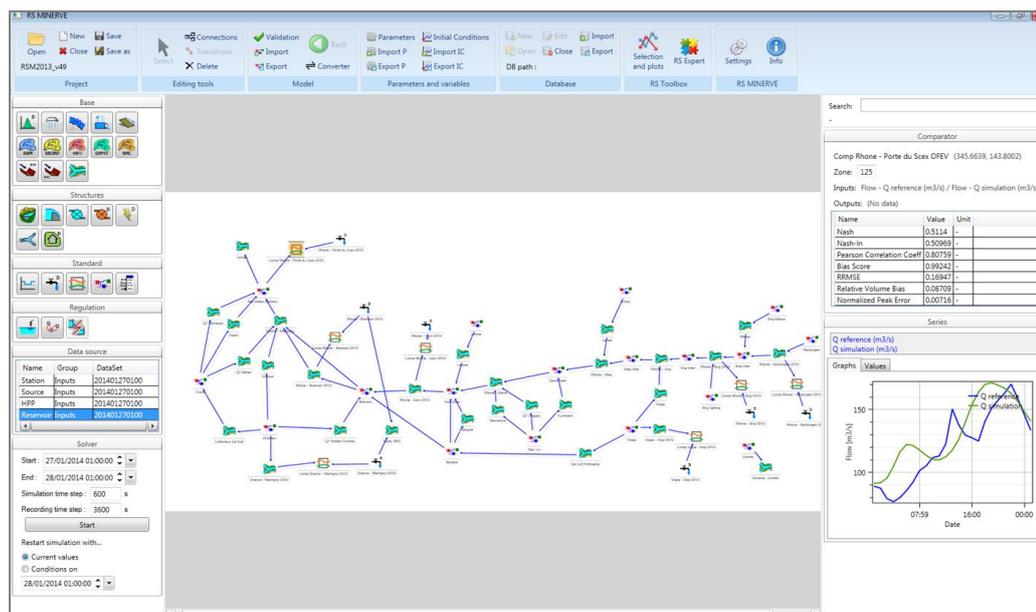


Figure 13 : Nouvelle interface utilisateur du logiciel RS MINERVE

### 3.4.2 Projet TOOLMAP

A la fin de l'année la version 2.5 de TOOLMAP a été livrée à SGN-Swisstopo. Depuis la 1<sup>ère</sup> version du logiciel d'octobre 2010, plus de 900 téléchargements ont été enregistrés sur [www.toolmap.ch](http://www.toolmap.ch) (fig. 14). Le dépouillement des informations recueillies par une *demande de renseignements* jointe à la version 2.5 fournit une cartographie intéressante en termes de catégories d'utilisateurs potentiels (fig. 15).

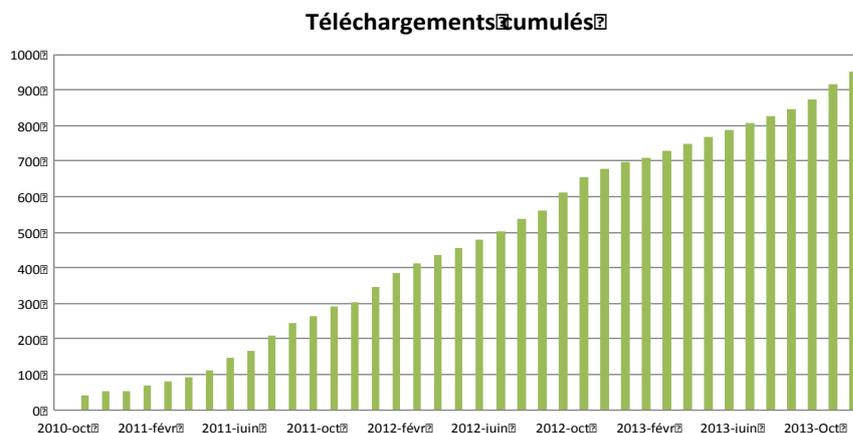


Figure 14 : Evolution du nombre de téléchargements de TOOLMAP depuis octobre 2010

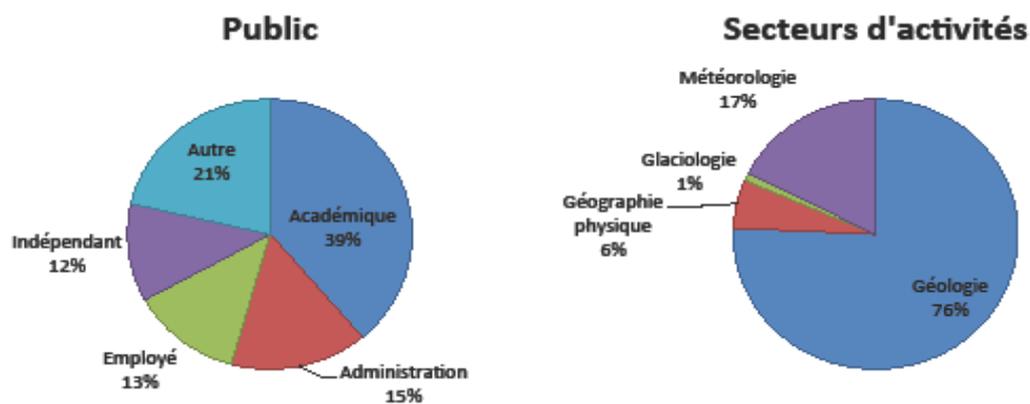


Figure 15 : Diagrammes camembert montrant la répartition des téléchargements de TOOLMAP

Soucieux de l'évolution future de TOOLMAP en cohérence avec la prochaine mise en œuvre du futur Système d'information géologique suisse, le CREALP a proposé au SGN diverses orientations stratégiques déterminantes pour le devenir du projet cette proposition passe notamment par l'implémentation de 2 nouveaux composants : une base de données centralisée offrant un référentiel de gestion unique des données de production de l'AG25 digital et un outil de CHARGEMENT/EXTRACTION/TRANSFORMATION des données (ToolGate) intégrant la logique et l'intelligence nécessaires pour alimenter la base de données tout en garantissant sa cohérence.

Trois sessions de formation TOOLMAP ont été dispensées en 2013 réunissant un total d'une trentaine de personnes (étudiants, géologues, hydrologues). Une session spéciale a notamment été consacrée à l'intégration de TOOLMAP au processus d'édition des cartes de danger Crues. Une réflexion a ainsi été engagée pour voir dans quelle mesure la solution TOOLMAP pourrait être intégrée aux directives cantonales concernant la production informatique des cartes de danger crues et laves torrentielles.

### 3.4.3 Projet RésEAU-Tchad

Après une année de discussions, le CREALP a été officiellement mandaté par l'UNITAR/UNOSAT le 14.11.2013 pour intégrer la solution de cartographie numérique *Open source* TOOLMAP dans le cycle de production de la couverture cartographique hydrogéologique 1:200'000 du Tchad. Les travaux ont pour l'instant porté sur les adaptations logicielles de TOOLMAP pour adresser les spécificités opérationnelles du projet. Dans le même temps a été fourni un appui technique et un cours introductif à TOOLMAP a été dispensé au personnel UNOSAT en charge du processus d'édition.

### 3.4.4 Projet SIRS-DANA

Dans un souci de centralisation et d'uniformisation l'infogérance des SIRS Dangers naturels (DANA) est désormais la tâche d'un pool de compétences 'métiers' du CREALP. Celui-ci administre aujourd'hui institutionnellement les SIRS cantonaux *CRUE – DAGEO – AVALANCHE* ainsi que celui des ouvrages de protection contre les deux derniers types de danger. Ce pool est notamment responsable :

- Du processus d'informatisation des cartes de danger 'Neige', 'Eau' et 'Géologie',
- De la coordination avec le CCGeo pour les processus de migration et d'actualisation des différentes *geodatabase* au sein de l'infrastructure géomatique cantonale,
- De la coordination avec les responsables cantonaux, la Confédération et les bureaux d'études spécialisés pour les échanges de géodonnées.

## **4. COMMUNICATION & BIBLIOTHÈQUE**

Les travaux de refonte du site web du CREALP (i.e. nouvelle ligne graphique et réorganisation des contenus) sont terminés. Le site est implémenté sur une nouvelle version de l'outil de gestion de contenus Joomla, qui permet notamment d'actualiser très facilement les contenus. Un effort tout particulier a été fait pour mettre en évidence les domaines de prédilection du CREALP. La page d'accueil a été relookée et une navigation par thématiques et projets installée.

En 2013 le site web du CREALP a été visité par 18'000 personnes, chiffre en baisse par rapport à l'année précédente. Par contre, il est à noter que chaque internaute a consulté plus de pages (+12%) et est resté plus longtemps sur le site (+25%), ce qui tend à démontrer que le site répond mieux aux attentes des visiteurs.

Pour sa part, la bibliothèque dénombreait à fin 2013, 66 lecteurs inscrits et 2'300 ouvrages catalogués.

## Organes, collaborateurs et partenaires 2013

### Conseil de fondation

<b>Jacques MELLY</b> , Conseiller d'Etat, Chef du DTEE, Président	SIERRE
* <b>Jean-Albert FERREZ</b> , ESR SA, Vice-Président & Prés. du Comité Directeur	SION
* <b>Jean-Daniel ROUILLER</b> , Géologue cantonal, Directeur	SION
* <b>Tony ARBORINO</b> , Chef section PCR du SRTCE	SAPINHAUT
<b>Dominique BÉROD</b> , Dr. Sc., Chef Division Hydrologie OFEV	CHAMPLAN
<b>Laurence CASAYS</b> , Avocate, Conseillère municipale Ville de sion	SION
* <b>Olivier GUX</b> , Chef service SFP - DTEE	CHEMIN DESSUS
* <b>Michel JABOYEDOFF</b> , Prof. ISTE-UNIL	LAUSANNE
<b>Georges JOLIAT</b> , Ingénieur HES, Chef de service Ville de Sion	SION
<b>Édouard-Henri LANTERNO</b> , Dr. Sc. Géologue	CHÊNE-BOURG
<b>Olivier LATELTIN</b> , Directeur du SGN - Swisstopo	WABERN
<b>Henri MASSON</b> , Prof. honoraire UNIL	LAUSANNE
<b>Marcel MAURER</b> , Président de la Ville de Sion	SION
<b>Xavier MITTAZ</b> , Ingénieur EPF	SION
<b>Gaspare NADIG</b> , Juriste	LUGANO
<b>Vincent PELLISSIER</b> , Ingénieur-économiste, Conseiller municipal, (nouv. membre)	SION
<b>Jean-Christophe PUTALLAZ</b> , Ingénieur EPF, Adjoint au chef du SRTCE (nouv. membre)	SION
* <b>Pascal TISSIÈRES</b> , Dr. Sc. Ingénieur EPF	MARTIGNY
<b>Marco VIERIN</b> , Assesseur Région de la Vallée d'Aoste	AOSTE
* <b>Frédéric ZUBER</b> , Hydrogéologue - DEET	BRIG

\* : membre du COMITE DIRECTEUR du CREALP

### Organe de contrôle

SCF Révision SA

SION

## Collaborateurs

Collaboratrices (-teurs)	Domaine	Taux d'activité
Éric BARDOU	hydrologie appliquée	80%
Aurélien CLAUDE	hydrologie appliquée	100%, (80% dès novembre)
Jean-Yves DELEZE	géologie appliquée – informatique	50%
Simone FRAGNIERE	géomatique	(du 1 <sup>er</sup> oct. à fin 2013) 50%
Javier GARCIA HERNANDEZ	hydrologie appliquée	100%
Marie-Hélène MAITRE	secrétariat – bibliothèque	80%
Stéphane MICHELOUD	informatique	100%
Pascal MORARD	géologie appliquée	40%
Pascal ORNSTEIN	coordination scientifique – hydrogéologie – informatique	100%
Aurélie FOLLONIER	géologie appliquée	100%
Lucien SCHREIBER	géologie appliquée – informatique	(terminé à fin 2013) 100%
Éric TRAVAGLINI	hydrologie appliquée	100%
Chloé VEUTHEY	géomatique	100%

Collaborateurs détachés	Domaine	Taux d'activité
Matthias KUNZ	gestion environnementale	70%
Célestine CARLIOZ	gestion environnementale	100%

Collaborateurs temporaires <sup>1</sup>	Domaine	Durée
[C] Thierry GLASSEY	hydrologie appliquée	2 semaines
[C] Alain FOEHN	hydrologie appliquée	6 mois
[C] Alex DIONISIO CALADO	hydrologie appliquée	Depuis le 09.09.2013
[S] Léon AMEZ-DROZ	géomatique	2 mois
[S] François MOREAU	géologie-hydrogéologie	3 mois
[S] Hakeline VILLAVICENCIO	hydrogéologie (contrat SRTCE)	3.5 mois
[S] Jérôme TAVERNIER	hydrogéologie	4 mois
[S] Alix BELO	géologie appliquée (contrat SRTCE)	Depuis le 11.11.2013

(<sup>1</sup> : [C] = civiliste, [S] = stagiaire, [I] = ing. & Dr EPFL

## Partenaires des projets R&D

PROJETS	PARTENAIRES	
	Scientifiques / techniques	Financiers CH
<b>Pôle GestCrues :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Projet MINERVE</li> <li>Modélisation et gestion des eaux de la rivière JINSHA (Chine)</li> <li>Bassin versant de Chucchún (Pérou)</li> </ul>	<p>OFEV – division Hydrologie LCH-EPFL, UNIL-ISTE Météosuisse Genève Hydrocosmos SA UPV</p> <p>EPFL-LCH e-dric.ch</p> <p>EPFL-LCH UZH</p>	<p>DTEE-SRTCE/PCR</p> <p>DDC</p> <p>DDC</p>
<b>Projet STRADA (2009-2013)</b>	Regione Valle d'Aosta (I) ARPA Valle d'Aosta (I) Politecnico di Torino (I) ALPGEO sàrl GEOSAT SA	<p>DTEE-SPE DTEE-SRTCE/H2G</p>
<b>Projet RiskNat (2009-2012)</b> Monitoring du « glacier » Bonnard	Bureau <i>Ad Hoc</i> (VdA) GEOSAT SA, Sion CSEM SA, Neuchâtel SensAlpin SA, Davos ARPA VdA Montagna Sicura	<p>DTEE-SRTCE</p>
<b>Projet MatErosion</b>	LHE – EPFL ISTE – UNIL WSL HES-SO Valais, Sion Università Di Padova (I)	<p>DTEE-SRTCE Commune Anniviers</p>
<b>Projet Observatoire environnemental</b>	DTEE (SRTCE, SFP, SPE) DEET-SEFH Geovariances (F)	<p>DTEE (SRTCE, SFP, SPE) DEET-SEFH</p>
<b>Projet TOOLMAP</b>	Swisstopo – SGN	Swisstopo – SGN
<b>Projet OFEV-CC</b>	OFEV – division Prévention des dangers SRCTE – section H2G	<p>OFEV SRTCE &amp; SFP</p>

## Remerciements

Les remerciements de la Direction et des collaborateurs du CREALP vont au Département des transports, de l'équipement et de l'environnement et à la Municipalité de Sion, pour la confiance, l'intérêt et le soutien permanents qu'ils accordent au CREALP.

*Sion, le 6 mars 2014*

DC-jdr

[RapGest13]

CENTRE DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT ALPIN

**JACQUES MELLY**

**CONSEILLER D'ÉTAT**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Melly', written in a cursive style.

Président du Conseil de Fondation

## ANNEXE 1

### Travaux réalisés dans le cadre du projet MatErosion

#### 1. Analyse de la dynamique sédimentaire

##### 1.1 Vitesses de transport

La vitesse de déplacement des sédiments est une donnée essentielle pour caractériser le phénomène de charriage. Afin d'appréhender cette variable, un système de mesure basé sur la technique de radio-identification (RFID) a été développé en collaboration avec la HES-SO Valais de Sion et testé avec succès durant l'été 2013. Le principe a consisté à fabriquer des galets artificiels en béton (fig. 1) dans lesquels ont été incorporés des marqueurs (=tag RFID). La forme, la taille et la densité des galets-traceurs ont été étudiés pour se reproduire au mieux la forme moyenne des sédiments analysés lors des échantillonnages effectués en 2012. Le dispositif est par ailleurs complété par un lecteur, composant actif constitué d'une part d'un émetteur de radiofréquences qui va activer les marqueurs en leur fournissant à courte distance l'énergie dont ceux-ci ont besoin et d'autre part d'une antenne qui va détecter leur passage et permettre grâce à l'identifiant du tag de repérer le galet correspondant et son heure de passage.



- ❶ Moule en silicone
- ❷ Galet en béton avec tag
- ❸ Tag RFID
- ❹ Tag RFID avec protection
- ❺ Antenne

Figure 1: Détails du dispositif de mesure RFID mis en œuvre sur la Navisence.

Les marqueurs étant déposés à un instant  $t$  et une distance  $d$  connus, il est dès lors possible de calculer les vitesses de déplacement. Les premiers résultats confirment la relation entre la vitesse de transport des sédiments et le débit. Cette relation n'est toutefois pas linéaire et semble obéir à une loi exponentielle par seuil. Il semble par ailleurs que la variabilité des vitesses au sein d'un même lot soit proportionnelle au débit.

Fort de ces premiers résultats, les objectifs fixés pour 2014 viseront à *i)* considérer différentes granulométries, *ii)* identifier les zones de production sédimentaire préférentielles et *iii)* identifier les différentes classes de débit en fonction de leur rôle sur le transport et la mobilisation du matériel sédimentaire.

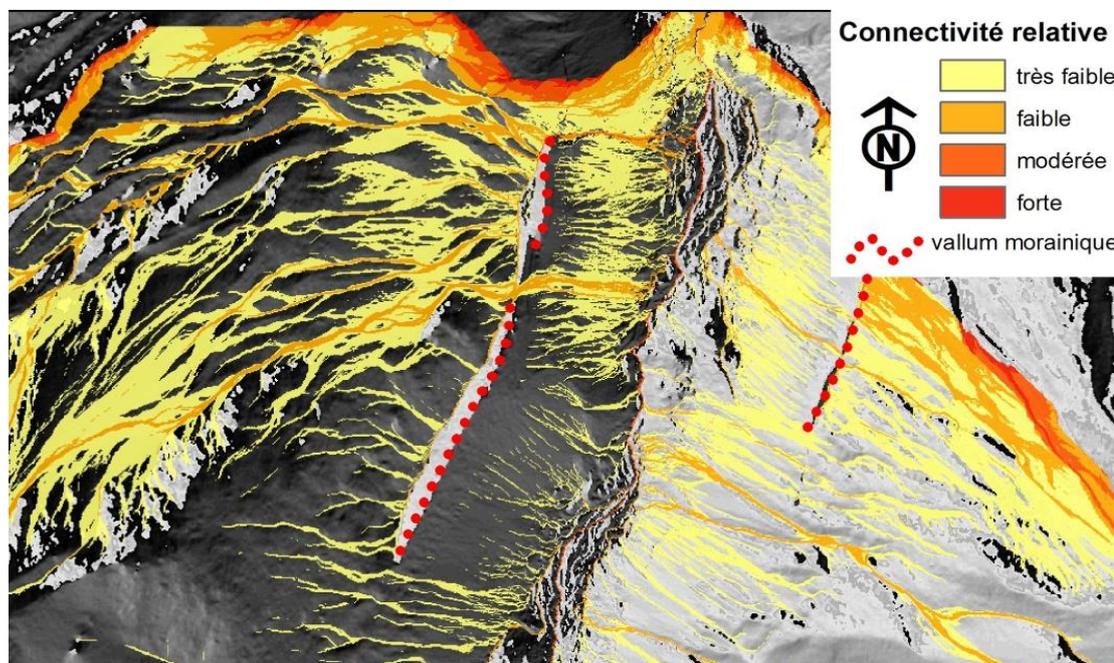
##### 1.2 Apports en sédiments

Les apports en sédiments observés en rivière résultent des processus de dénudation qui sont actifs au niveau des bassins versants. Pour décrire l'influence des zones d'érosion potentielles sur les apports en sédiments dans la rivière, il convient de s'intéresser à la *connectivité* entre ces zones contributives et le réseau hydrographique. L'index de connectivité offre donc une vision relative des processus sédimentaires pour un sous-bassin donné. Un travail dans ce sens a été mené par une doctorante de l'Université de Padoue que le CREALP a accueillie durant le troisième trimestre 2013 avec pour objectif de caractériser cet index sur le bassin de Zinal (fig. 2). Dans le cadre de cette analyse, une comparaison a été effectuée entre l'index calculé à partir de la topographie actuelle et celui obtenu en retirant artificiellement la partie glaciaire. Cette comparaison montre qu'à l'exutoire du bassin versant les apports

sédimentaires vont augmenter. Cette analyse fait suite à l'analyse du bilan sédimentaire faite en collaboration avec le CRET.

## 2. Modélisation des écoulements

Les paramètres d'entrées d'un modèle numérique de simulation hydraulique sont *i)* la géométrie du lit, *ii)* débits d'entrée et *iii)* les paramètres d'écoulement.



**Figure 2 :** Résultats préliminaires de l'analyse de la connectivité hydro-sédimentaire à l'aval du glacier de Zinal. On notera I) l'effet barrage induit par les cordons morainiques, II) les contrastes entre les régions NW et SW ainsi que rive gauche et rive droite de la Navisence.

### 2.1. Géométrie du lit

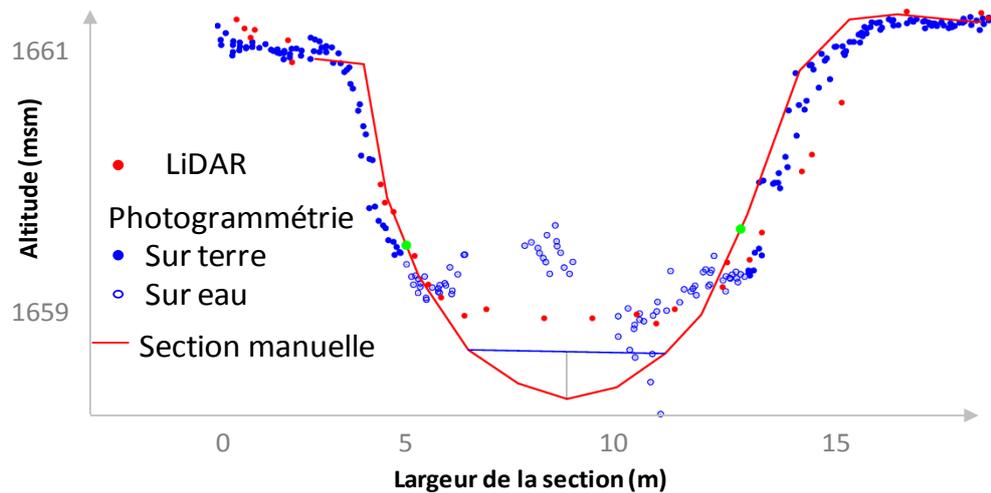
Dans le contexte alpin, outre par la néotectonique, la morphologie des rivières est surtout influencée par la lithologie, l'histoire climatique (glaciations) et géologique récente (mouvements de masse, altération).

#### ▪ Profil en long

Les caractéristiques du profil en long d'une rivière reflètent avant tout la balance entre l'énergie potentielle (pente), la quantité d'eau disponible (surface de la zone contributive et sources d'alimentation tels que glaciers, eaux souterraines, etc.) et les sédiments (apport latéral, nature du lit). C'est dans cette optique qu'une analyse détaillée du profil en long de la Navisence a été entreprise. Les résultats obtenus devraient permettre à terme de guider certains choix d'aménagements.

#### ▪ Profil en travers

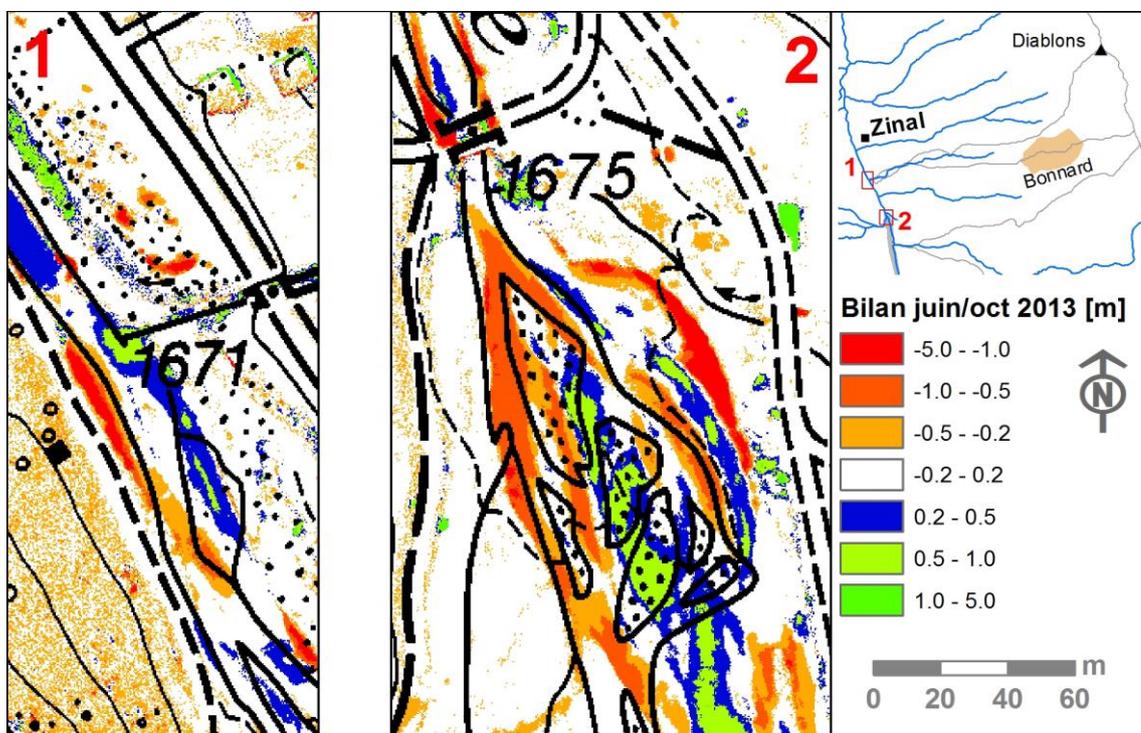
Afin de contrôler la qualité des données topographiques destinées à la mise en œuvre des modèles hydrauliques, une comparaison a été réalisée entre les données issues de l'acquisition LiDAR réalisée en juin 2013 et les sections levées sur le terrain. Il en ressort que les lasers utilisés ne permettent pas de s'affranchir de la surface de l'eau ce qui aboutit une surestimation de l'altitude du fond du lit au droit du lit mineur (cf. fig.3). Les erreurs ainsi propagées aux calculs hydrauliques sont considérables. Partant de ce constat, l'objectif a été fixé pour 2014 de développer un outil logiciel qui permettra de corriger la géométrie du lit et ainsi impacter positivement la qualité des futures simulations hydrauliques. Un cahier des charges a été élaboré et une collaboration initiée avec la société AdHoc3D Solutions pour les développements informatiques.



**Figure 3 :** Comparaison des résultats fournis par différentes méthodes de levé du profil en travers de la Navisence.

#### ▪ Morphométrie de la rivière

L'évènement météorologique du 7-8 août 2013 a eu une conséquence directe et fâcheuse sur le projet puisque sous l'effet la crue de la Navisence qui s'en est suivie, la centrale d'acquisition installée au droit de la station de mesure a été emportée avec une partie de la berge. Suite aux modifications induites par le passage de la crue, le CREALP a suggéré la réalisation d'une nouvelle acquisition LiDAR. L'analyse comparée des levés 2013 et 2014 fournit une image détaillée des effets de la crue sur le cours de la Navisence (cf. fig. 4 zones d'érosions du chenal, zones de déposition). Ces données combinées aux observations de terrain et aux mesures récupérées de la station ont permis de mettre en évidence la dynamique sédimentaire et de souligner le rôle de la charge sédimentaire sur le caractère dévastateur de cet évènement.



**Figure 4 :** Dynamique sédimentaire de la Navisence – Blian calculé à partir des acquisitions LIDAR de juin et octobre 2013 (valeurs < 0 : zones d'érosion, valeurs > 0 : zones de déposition). On notera en 1) le dépôt du torrent du Pérerey en rive droite de la Navisence (cerclé en jaune), en 2) la modification des tresses de la rivière.

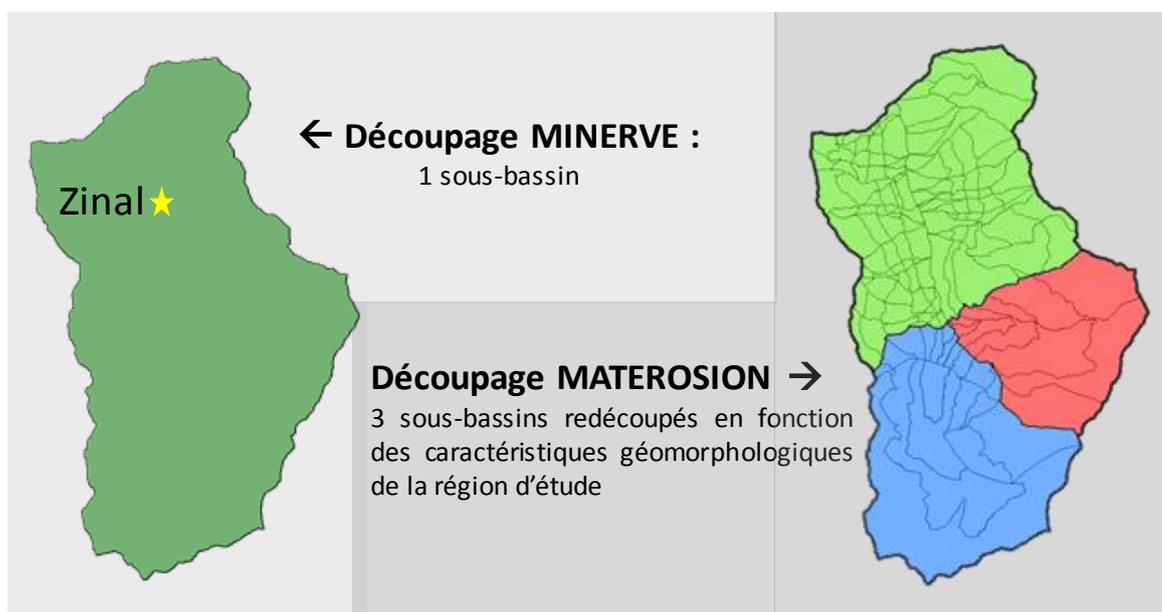
## 2.2. Modèles hydrologique et hydraulique

### ▪ Modèle hydrologique

Le calcul des débits d'entrée mettra en œuvre le logiciel RS-Minerve. Pour ce faire, le découpage du bassin versant de Zinal tel que défini au niveau du modèle hydrologique MINERVE a dû être raffiné pour répondre aux exigences de calcul du projet MATEROSION. Différents découpages ont été testés afin d'aboutir au meilleur compromis entre complexité du modèle et qualité des résultats (cf. fig. 5).

### ▪ Hydraulique

En collaboration avec l'EPFL-LHE et l'Université de Jaën (Espagne), un modèle d'écoulement de la Navisence a été développé. Le modèle implémente la librairie logicielle libre DASSFLOW. Il a été validé le modèle en utilisant les observations de terrain (ressauts hydrauliques, périmètre mouillé, antidunes, etc.). A terme, une fois la partie hydraulique calée, le couplage eau-sédiments sera réalisé sur la base des mesures faites sur la station de Zinal.



**Figure 5 :** Découpage du bassin versant de Zinal en fonction des paramètres morphométriques, bande d'altitude, ensoleillement, etc.).

## 3. Collaborations scientifiques et techniques

La station de mesure de Zinal constitue un dispositif expérimental exceptionnel ayant permis de faire progresser nos connaissances quantitatives et qualitatives du phénomène de charriage. Du fait de son coût et des contraintes techniques inhérentes à sa mise en œuvre, une telle installation ne peut cependant être démultipliée raison pour laquelle une réflexion a été engagée pour évaluer le potentiel de techniques de mesure alternatives plus légères et faciles à déployer. Dans cet esprit deux solutions ont été testées :

### • Hydrophones

Les hydrophones enregistrent les sons dans l'eau. Le signal enregistré est la somme des bruits liés à l'écoulement et de ceux dus aux impacts des sédiments. Cette technique développée par le LTHE de Grenoble semble donner de bons résultats dans des cours d'eau à régime fluvial. En revanche, les tests effectués par nos soins sur des rivières à régime torrentiel (Navisence, Lienne) montrent clairement la forte sensibilité de cette méthode aux variations brusques de débits ainsi qu'à la géométrie du lit ou encore à la distribution transversale du charriage la rendant du même coup peu adaptée à ce type d'écoulement.

- **Géophones**

En collaboration avec l'UJF de Grenoble et la société Geo2X, des tests préliminaires ont été réalisés avec l'installation de géophones sur les berges de la Navisence. Cette méthode permet de s'affranchir de l'installation des capteurs dans le lit d'où une réduction substantielle des coûts de mesure. Les premiers résultats, encourageants, montrent une corrélation entre les vibrations enregistrées et la variation du débit liquide. La rivière génère donc des vibrations qui sont transmises du lit aux berges. Partant, il est légitime d'espérer pouvoir détecter le transport solide via cette méthode de mesure. Les tests devraient se poursuivre en 2014 en considérant plusieurs facteurs d'amélioration (traitement du signal, technique d'acquisition haute-fréquence, gamme de débits plus large)

- **HES-SO Valais**

Fort de la collaboration initiée à la faveur du projet RFID et soucieux de renforcer le partenariat technique et scientifique entre les deux institutions, des discussions ont été entamées avec la HES-SO Valais de Sion afin de présenter les activités du CREALP et de proposer différentes pistes d'étude en rapport avec les différents projets en cours. Suite à ces discussions, 3 propositions de projets ont été retenues et seront mises en chantier en 2014 sous forme de travaux de master et/ou de diplôme:

- Acquisition Haute Fréquence :  
Développement de cartes électroniques dédiées à la gestion des données acquises à haute fréquence (p. ex. mesures géophones)
- Hydrométrie :  
En 1990, un prototype de capteur de niveau d'eau basé sur la mesure de conductivité a été développé par le CEMAGREF. Outre la mesure de niveau, cette technique de mesure pourrait permettre de quantifier les phénomènes d'érosion/déposition dont on a démontré l'importance dans l'étude des rivières de montagne. Le projet prévoit de développer ce modèle en l'adaptant aux problématiques de charriage. Parallèlement, une évolution appliquée à la mesure de neige (hauteur et structure du manteau) est d'ores et déjà envisagée.
- Alimentation en énergie :  
Ce dernier projet a pour but d'évaluer le potentiel d'application de la pico-hydraulique à l'alimentation électrique des stations de mesure hydrométriques installées dans des endroits isolés et/ou en altitude et dont le raccordement au réseau n'est pas aisé ou les apports en énergie solaire insuffisants.

\*\*\*\*\*