

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2015

www.crealp.ch

Rue de l'industrie 45

CH-1951 Sion

Suisse

Rédaction & Design : les collaborateurs

Photos : couverture: Glacier 513, Ancash, Pérou - © crealp/Javier García Hernández ; p. 2: Vue sur le Weisshorn, Valais - © crealp/Eric Travaglini; p. 4: Panorama alpin, Valais - © crealp/Eric Travaglini; p. 6: Lac d'Emosson - © crealp/Javier García Hernández ; p. 8: Pont de Gietti, Zinal, Valais - © crealp/Eric Travaglini ; p. 18: Gorges de Durnand, Valais - © crealp/Javier García Hernández ; p. 40: Plat de la Lé , Zinal, Valais - © crealp/Eric Travaglini ; p. 48: Lac artificiel près du Gornergrat, Zermatt, Valais - © crealp/Javier García Hernández ; p. 50: Bergsturz Grossgufér vom 18. April 1991 in Randa ; p. 56: Test du système de mesure des débits Surveyor (la Borgne, Bramois) - © crealp/Pascal Ornstein

Impression : CREALP, Rue de l'industrie 45, CH-1951 Sion, Suisse

© crealp 2016

EDITORIAL	4		
ACTIVITÉS	6		
▪ Vers une nouvelle identité	7		
RISQUES NATURELS	8		
CRUES	11		
▪ MINERVE : Le système opérationnel pour la prévision et la gestion des crues	10		
▪ Glacier 513 : Risques glaciaires dans la Cordillère des Andes - Pérou	13		
INSTABILITÉS DE TERRAIN	14		
▪ Guardaval : Le système de surveillance de terrains instables en Valais	14		
▪ Le projet OFEV - Changement climatique	15		
SÉISMES	16		
▪ COCPITT : Étude de vulnérabilité sismique du bâti	16		
RESSOURCES NATURELLES	18		
EAU	20		
▪ La surveillance et gestion des eaux souterraines et superficielles en Valais	20		
▪ Le projet Réchy : Gestion et protection des ressources en eau souterraine	22		
▪ Gestion de l'eau et changement climatique - Rivière Jinsha, Chine	24		
▪ Glaciers+ : Gestion de l'eau en région de montagne - Pérou	25		
▪ Qualité de l'eau - Rivière Lurin, Pérou	25		
SOUS-SOL	26		
▪ Exploitation des données quaternaires de la vallée du Rhône	26		
ÉNERGIE	30		
▪ GEOTHERMOVAL II : Potentiel géothermique de moyenne enthalpie	30		
OUTILS & SERVICES	32		
CARTES & SIG	34		
▪ Les systèmes d'information à référence spatiale cantonaux	34		
LOGICIELS	35		
▪ RS MINERVE : Outil de modélisation hydrologique et hydraulique	35		
		FORMATION	36
		▪ Modélisation hydrologique et hydraulique	36
		▪ Dangers naturels	36
		EXPERTISES	38
		▪ Groupe de travail stratégie « EAU-Valais »	38
		▪ Validation de données hydrométriques pour Grande-Dixence SA	38
		▪ Expertises en modélisation hydrologique et hydraulique	38
		▪ Travaux de recherche	38
		TÂCHES INSTITUTIONNELLES	39
		▪ Gestion des préavis de construction en zones danger Rhône	39
		▪ Gestion des expertises sismiques	39
		RECHERCHE APPLIQUÉE	40
		PROJETS	42
		▪ SismoRiv : Mesure du charriage à l'aide de capteurs sismiques à bas coût	42
		▪ Assimilation de données en temps réel pour la modélisation hydrologique	43
		▪ Modélisation intégrée des ressources en eau dans les Andes du Pérou	44
		▪ Cruex++ : Estimation des crues extrêmes en Suisse	44
		▪ SMOVER : Systèmes de surveillance des MOUvement de VErsants	45
		CONFÉRENCES	46
		PUBLICATIONS	47
		PARTENARIATS	48
		ORGANISATION	50
		▪ Le CREALP	51
		▪ Collaboratrices & Collaborateurs	52
		▪ Abréviations des institutions	55
		REMERCIEMENTS	56

EDITORIAL



En 1987, le président du Conseil de fondation Bernard Bornet, Conseiller d'Etat en charge des travaux publics, confie à Jean-Daniel Rouiller, nouvellement nommé géologue cantonal, la direction de ce qui s'appelait à l'époque CRSFA et le dote d'un crédit de fonctionnement annuel de trente mille francs. Renommée par la suite CREALP, Centre de Recherche sur l'Environnement ALPin, cette institution fondée en 1968 voit au fil du temps augmenter ses activités et compétences initiales sous la présidence de Jean-Jacques Rey-Bellet. Aujourd'hui, cette fondation est au bénéfice d'un budget de l'ordre de deux millions de francs répartis à raison de 70 % pour les charges de fonctionnement et 30 % pour les sous-traitances à des tiers et les équipements. Le CREALP est devenu en trente ans un centre de compétences en géosciences qui remplit pleinement ses deux missions institutionnelles que sont, d'une part la mise en valeur des ressources naturelles, et d'autre part sa fonction de soutien technique aux services cantonaux dans les domaines de la gestion des données environnementales et des risques naturels.

S'appuyant sur ses vastes connaissances géologiques et hydrogéologiques du territoire cantonal, ses compétences informatiques et instrumentales lui ont permis - *en partenariat avec les services fédéraux concernés et les régions transfrontalières du programme européen Interreg Alcotra* - de réaliser toute une série de projets et développements d'outils qui sont utilisés au quotidien par les praticiens, notamment pour améliorer la sécurité des zones d'activité humaine et des voies de communication.

Le 1^{er} août 2015, Javier García Hernández, Ing. génie civil & Dr ès Sc. EPFL, a repris la direction du CREALP des mains de J.-D. Rouiller. Ce spécialiste en modélisation hydrologique et hydraulique, doublé d'une bonne expérience en prévision & système d'alerte de crue en milieu alpin, a contribué activement au développement de MINERVE dans le cadre de sa thèse. A la tête d'une équipe de cinq personnes, il travaille au CREALP depuis août 2011 comme chef du Pôle GestCrues dans le cadre d'un mandat institutionnel confié par la section PCR du SRTCE. À ce

titre, il est en charge de la mise en œuvre opérationnelle de MINERVE et de la R&D en ingénierie des cours d'eau et de leurs dangers afférents.

Avec ce rajeunissement au sein de la direction, le CREALP peut se projeter sereinement dans les prochaines décennies et affronter les enjeux qui le concernent en tant qu'organisme pourvoyeur de solutions techniques aux services de l'Etat du Valais et en tant que centre de recherche scientifique dans le développement de méthodologies d'investigation et de gestion spécifiques au milieu alpin.

Jacques Melly

Président du Gouvernement valaisan

Président du Conseil de Fondation



CRSFA : Centre de Recherche Scientifique Fondamentale et Appliquée

PCR : Protection contre les Crues du Rhône, État du Valais

R&D : Recherche et développement

SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'eau, État du Valais

ACTIVITÉS

SEISMES · INSTABILITES DE TERRAIN · CRUES

**RISQUES
NATURELS**

EAU · SOUS-SOL · ENERGIE

**RESSOURCES
NATURELLES**

**OUTILS
&
SERVICES**

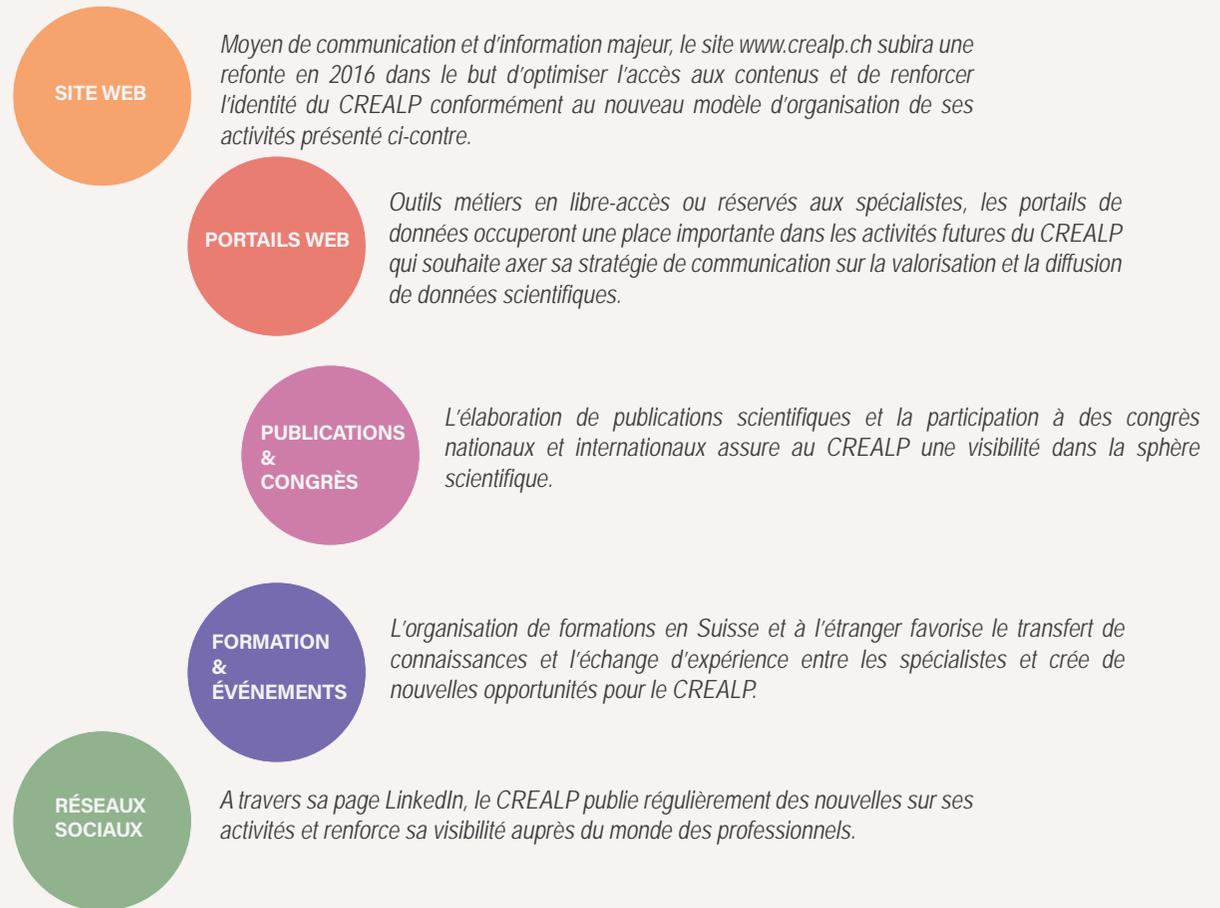
CARTES & SIG · PORTAILS · LOGICIELS
EXPERTISES · FORMATION

Vers une nouvelle identité

Depuis 1987, sous l'impulsion et la direction du Géologue cantonal, le CREALP s'est appliqué à développer des méthodes et des outils pour répondre aux préoccupations cantonales telles que la gestion des risques géologiques, hydrologiques et sismiques ainsi que l'investigation et la mise en valeur des ressources naturelles souterraines.

L'affirmation toujours plus forte de la multidisciplinarité du CREALP combinée au caractère de plus en plus transversal des mandats et/ou des projets scientifiques réalisés ont incité la nouvelle direction à repenser la manière dont ses compétences peuvent être mises en valeur. Le modèle de communication actuel basé sur une approche relativement cloisonnée de nos activités n'a aujourd'hui plus cours et nous conduit vers une organisation de l'information plus en rapport avec les changements vécus ces dernières années et suffisamment évolutive pour faire face à l'avenir.

Dans une logique de simplification et de meilleure lisibilité, les activités du CREALP sont regroupées par domaines de compétences selon 2 axes métiers principaux, « Risques naturels » et « Ressources naturelles », complétés par un pôle « Outils et services ». Ce nouveau modèle ambitionne de donner une vision plus équilibrée des activités du CREALP et par là même à renforcer son identité. Il doit permettre de valoriser les savoirs, mais également les savoir-faire.



Les principaux moyens de communication du CREALP

RISQUES NATURELS



Crues

MINERVE : Le système opérationnel pour la prévision et la gestion des crues en Valais

Glacier 513 : Risques glaciaires dans la Cordillère des Andes et changement climatique - Pérou

Instabilités de terrain

Guardaval : Le système de surveillance de terrains instables en Valais

Le projet OFEV - Changement climatique

Séismes

COCPITT : Étude de vulnérabilité sismique du bâti

DEUX OUTILS INCONTOURNABLES POUR LA PRÉPARATION AUX SÉISMES
FLOW-CHART COCPITT
SIGCOM : UN OUTIL DE GESTION DES DONNÉES ET D'AIDE À LA DÉCISION
MODE OPÉRATOIRE DE L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET RÉSULTATS

MINERVE : Le système opérationnel pour la prévision et la gestion des crues en Valais

Initié et financé par le Service des Routes, Transports et Cours d'Eau de l'État du Valais (SRTCE), le système de prévision et gestion des crues MINERVE, opérationnel depuis 2013, a franchi un cap important dans sa consolidation en 2015.

Le système a été dupliqué dans l'infrastructure informatique cantonale. Cette opération, achevée en décembre 2015, a impliqué la migration de tous les composants fonctionnels du système, la validation de la sécurité fonctionnelle du *portail Polhydro*, et l'amélioration de la robustesse du système grâce aux différents services mis à disposition et gérés par le Service Cantonal de l'Informatique.

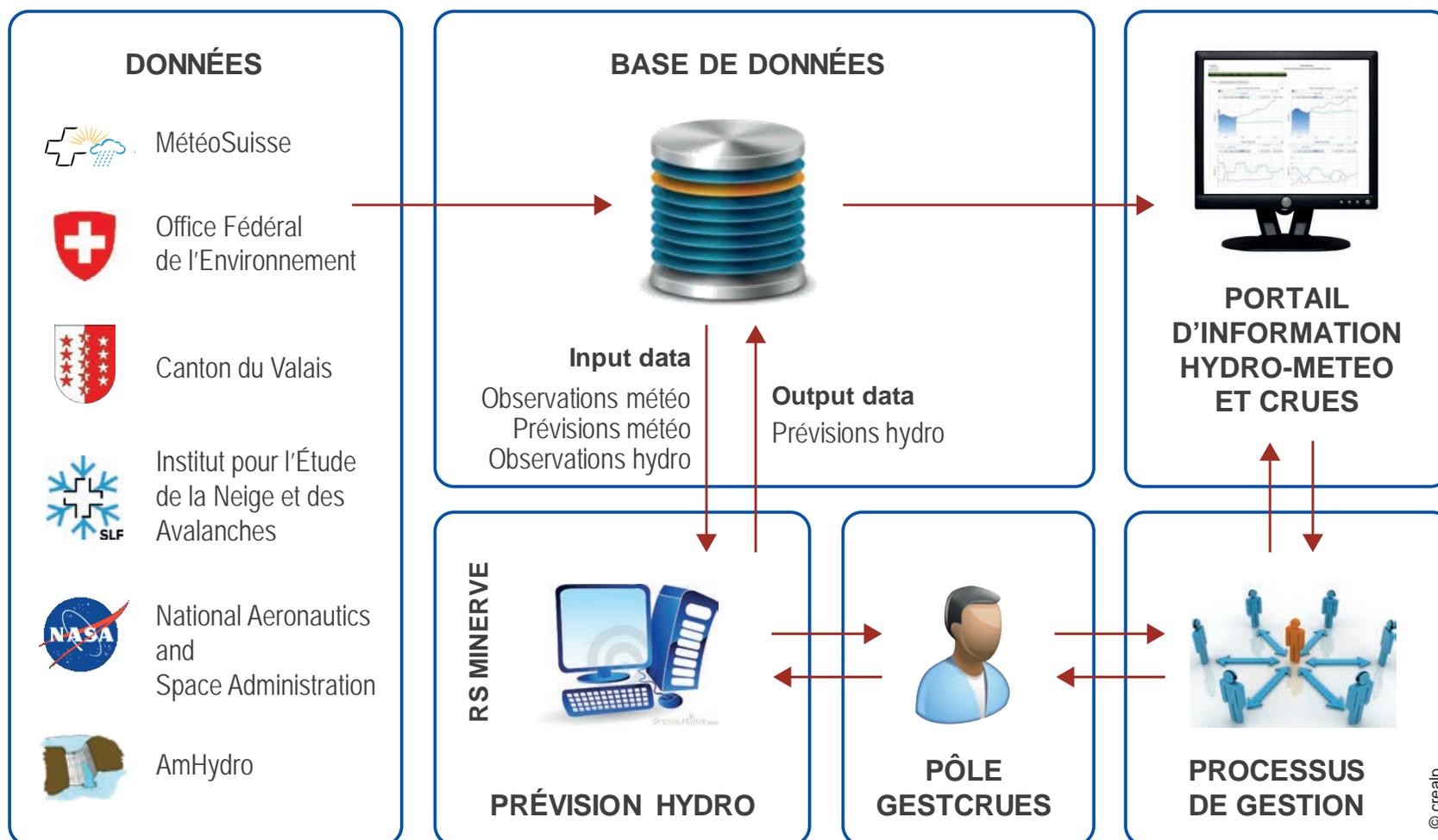
La base de données *BD MINERVE* s'accompagne maintenant d'une base de données spatiale, en phase de test, qui stocke toutes les données METEO au format raster. La combinaison de ces deux bases de données permettra un stockage et une gestion optimale des données HYDRO-METEO.

Dans une optique d'amélioration continue du système, une thèse de doctorat (cf. p. 43) a été initiée à l'EPFL en 2015. Pour ce faire, de nouvelles données météorologiques ont été acquises sur le territoire du Canton et les régions voisines.

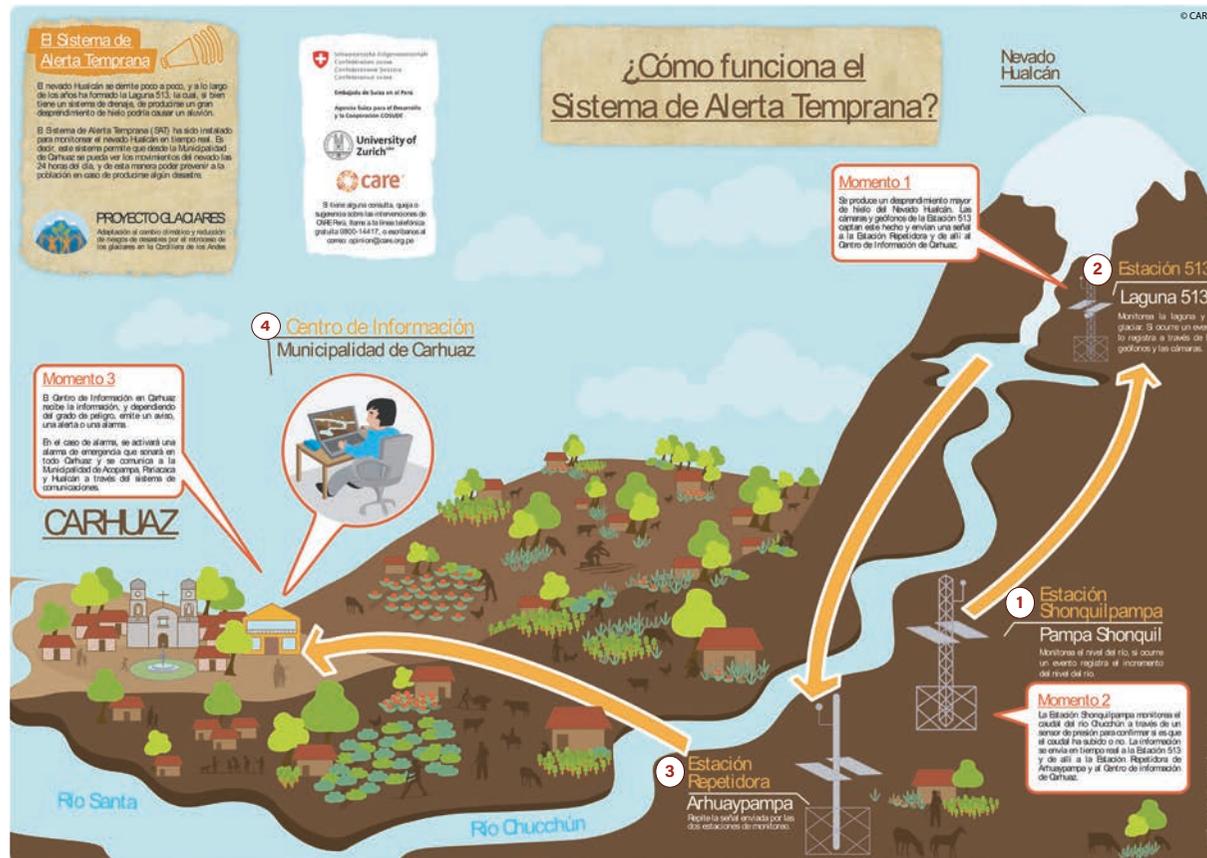
Le système de prévisions hydrologiques a été amélioré au travers de la nouvelle fonctionnalité de *l'outil RS MINERVE* (cf. p. 35) permettant de fonctionner en ligne de commande. Cette évolution offre une grande flexibilité pour l'exécution automatique des prévisions et le développement

de nouvelles fonctionnalités. Désormais, les prévisions sont recalculées toutes les 2 heures en intégrant les dernières observations météorologiques. Le délai entre la réception des observations et la livraison des simulations est aussi minimisé pour disposer des prévisions les plus à jour possibles.

Une équipe d'opérateurs expérimentés et formés pour le suivi de situations hydro-météorologiques à risque complète le dispositif MINERVE. Cette année, seul l'évènement du 1er mai a nécessité un suivi continu de la situation hydrologique.



Architecture du système opérationnel MINERVE pour la prévision et la gestion des crues



Système d'alerte précoce face au danger lié à une vidange brutale d'un lac glaciaire - Carhuaz, Peru

1 - STATION SHONQUILPAMPA

Station de surveillance hydro-météorologique. Elle comprend un capteur de pression installé dans la rivière Chuchún, ainsi qu'une station météorologique. Les données collectées sont ensuite transférées à la station de surveillance du glacier Laguna 513.

1 - STATION 513

Station de surveillance du glacier et du lac glaciaire (Laguna 513). 2 caméras et 4 géophones situés à proximité de la station collectent des mesures à un intervalle de 5 secondes. Les données sont ensuite transférées à la station répétitrice.

3 - STATION RÉPÉTITRICE

Cette station transfère les signaux provenant de la station Laguna 513 vers le centre de données.

4 - CENTRE DE DONNÉES

Situé à Carhuaz, le centre de données reçoit toutes les données collectées par les stations de surveillance en temps réel. Sur la base de cette information, les décideurs peuvent lancer l'alerte et l'évacuation si nécessaire.

Glacier 513 : Risques glaciaires dans la Cordillère des Andes et changement climatique - Pérou

Le projet multi-objectifs *Glaciares 513 - Adaptation au changement climatique et réduction des risques de dégâts dus au retrait glaciaire dans la Cordillère des Andes* visait, parmi d'autres objectifs, i) la création d'un système de monitoring et d'un système d'alerte précoce à Carhuaz pour la réduction des risques naturels dans la région d'Ancash, ii) une analyse du bilan d'eau actuel et futur dans le bassin Chucchún. Débuté en novembre 2011 et financé par la DDC, ce projet a été développé côté suisse par un consortium, dont le CREALP fait partie, dirigé par l'Université de Zurich et par l'ONG CARE du côté péruvien.

D'autres institutions telles que l'UGRH de l'Autorité Nationale de l'Eau, les Gouvernements Régionaux d'Ancash et Cusco, les gouvernements locaux et la population de Carhuaz et

Santa Teresa, ainsi que les Universités Santiago Antúnez de Mayolo, san Antonio Abad de Cusco, Agraria La Molina et l'EPFL ont également collaboré à ce projet.

Le CREALP a fourni son expertise en modélisation hydrologique et hydraulique ainsi qu'un appui technique pour la conception et l'implémentation d'un Système d'Alerte Précoce (en anglais, Early Warning System - EWS) et la définition des protocoles d'évacuation pour la ville de Carhuaz.

Les résultats les plus remarquables du projet en 2015 ont été, parmi d'autres :

- L'implémentation des derniers composants du EWS au Lac 513 (Cordillera Blanca, Ancash, Pérou), à l'amont de la ville de Carhuaz, pour la réduction des risques liés à la fonte du glaciers.

- L'étude des risques glaciaires dans la zone du Santa (Cusco, Pérou).
- L'analyse hydrologique du bassin versant du Chucchún, des demandes hydriques et du degré de satisfaction de ces demandes à court et à long terme, ainsi que l'impact des mesures prévues dans les différents scénarios de changement climatique.

Certains aspects du projet *Glacier 513*, qui s'est terminé en octobre 2015, ont présenté l'opportunité d'un développement ultérieur et seront étudiés lors de la deuxième phase de ce projet, démarrée en novembre 2015 (projet Glaciers+, cf. p. 25).

DDC : Direction du Développement et de la Coopération
EPFL : École Polytechnique Fédérale de Lausanne
UGRH : Unité de Glaciologie et des Ressources Hydriques

Guardaval : Le système de surveillance de terrains instables en Valais

Le CREALP assure depuis 2003 l'infogérance du système de surveillance de terrains instables *Guardaval*, dont il avait réalisé l'analyse et la conception. C'est à travers cet outil qu'il gère pour le compte du Canton du Valais la télésurveillance de 53 sites, dont une trentaine sont exposés à des mouvements de terrain. Fin 2015, le réseau de composait de :

- 13 stations dédiées à la surveillance des instabilités de falaises ;
- 10 stations hydrogéologiques pour le suivi des glissements de terrain ;
- 22 stations hydrologiques sur le Rhône et ses principaux affluents (réseau hydrométrique cantonal) ;
- 8 stations météo (précipitations, température de l'air, hauteur de neige).

Dans le cadre de ce mandat, le CREALP assure également une veille scientifique et technologique qui doit permettre d'évaluer des techniques, pratiques et outils novateurs pouvant déboucher sur une mise œuvre opérationnelle et une gestion plus efficace du risque lié aux mouvements de terrain gravitaires. Ainsi, durant l'année 2016, la plateforme de consultation des

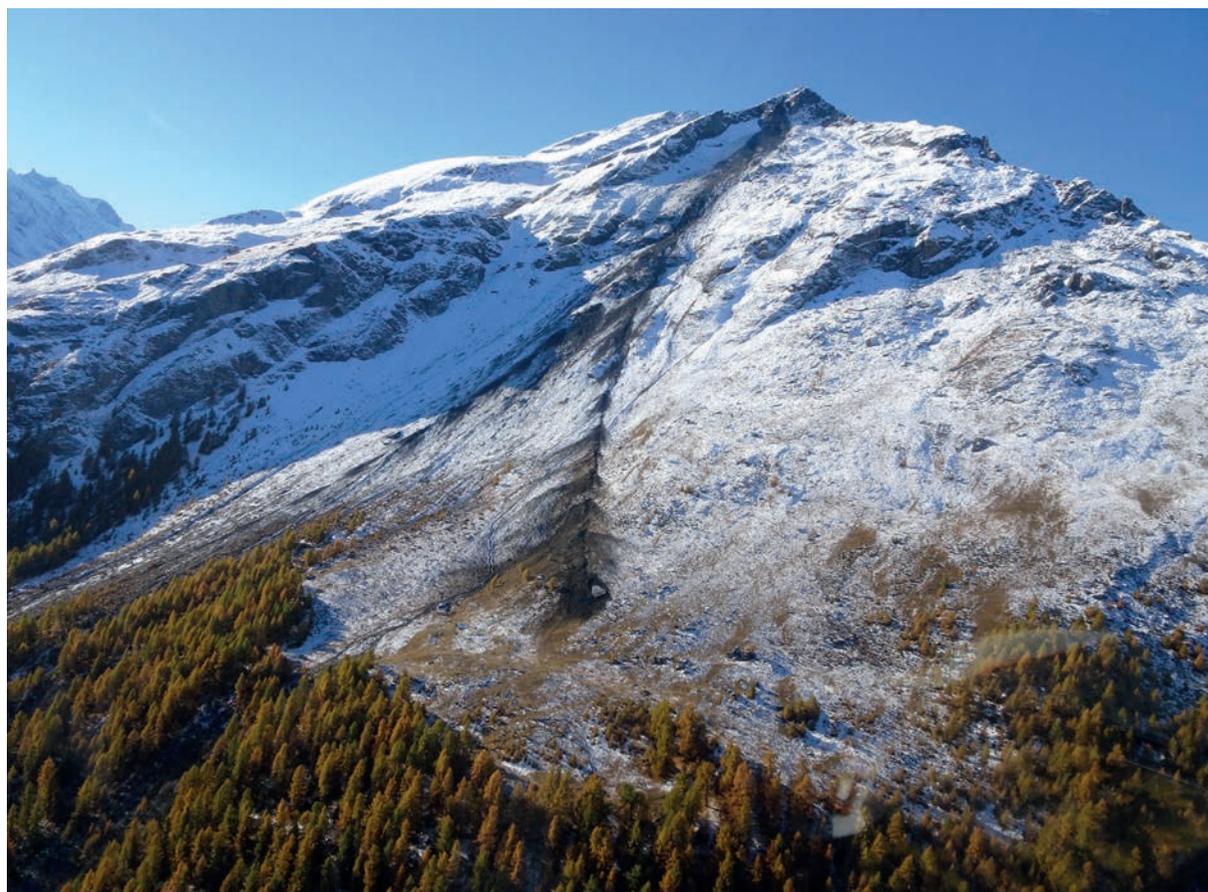


Photo: Raphaël Mayoraz, SRTCE, Canton du Valais

*Trajectoire d'un bloc tracée dans la neige suite à l'éboulement du Mel de la Niva
19 octobre 2015, commune d'Evolène, Valais, Suisse*

données sera modernisée pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs (Guardaval 2.0). Parallèlement, le dispositif actuel de collecte des données sera progressivement remplacé par

le nouveau système centralisé d'acquisition de données environnementales SODA (développé par KISTERS GmbH) sera déployé au sein du réseau informatique cantonal courant 2016.

Le projet OFEV - Changement climatique

Faisant suite à plusieurs années de températures élevées, l'année 2015 a été l'année la plus chaude jamais enregistrée en Suisse depuis le début des observations météorologiques. Comme l'atteste les récentes observations du réseau suisse de monitoring du pergélisol (PERMOS), cette situation a une conséquence directe sur l'évolution du pergélisol qui ne s'est jamais autant réchauffé que durant l'année hydrologique 2014/2015. Outre la déstabilisation des versants rocheux de haute altitude, un des effets de cette fonte du permafrost est une nette augmentation des mouvements des glaciers rocheux dont les vitesses de déplacement ont augmenté de 20% en moyenne par rapport à l'année précédente. Le but du projet pilote OFEV-CC est de fournir un concept intégré pour la prise en compte du danger lié à la fonte du permafrost à travers notamment l'étude du glacier rocheux de Gugla (Herbriggen/Mattertal). Débuté en 2014, le projet s'articule autour de 3 axes :

- Caractérisation géologique du site de Gugla (travaux réalisés en 2014) ;
- Implémentation par le CREALP en collaboration avec les bureaux Géoval SA et

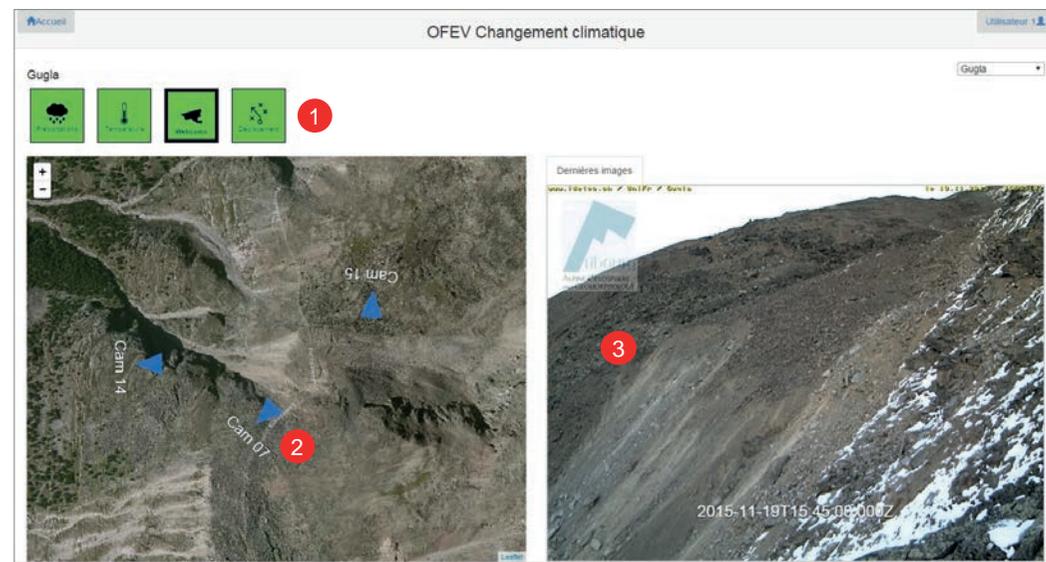
ISTerre : Institut des Sciences de la Terre, Université Joseph Fourier de Grenoble

SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau, État du Valais

DSM-consulting, d'un portail de monitoring basée sur le calcul d'une série d'indicateurs climatiques directs (précipitations, températures air/sol, neige) et indirects (déplacements du glacier rocheux) qui doivent aider les spécialistes *dangers naturels* communaux (coordinateurs DANA) à déceler les situations à risques en matière de danger *laves torrentielles* ;

- Définition d'un concept de monitoring *glacier rocheux* standardisé qui doit fournir les données de base nécessaires au calcul des indicateurs précités. Dans ce contexte, à l'initiative du Géologue cantonal et à des

fins de tests, a été déployé sur le site de Gugla fin 2015, par l'ISTerre avec l'appui technique de la section Logistique du SRTCE et du CREALP un système de mesure passive du bruit de fond sismique. Ce dispositif vise à détecter les variations de propriétés mécaniques et/ou hydrauliques (p. ex. mise en pression) au sein du glacier rocheux, antérieurement aux mouvements. En 2016, sur mandat du Géologue cantonal, le CREALP apportera son appui en matière de traitement numérique et d'interprétation des données collectées par ce système.



Interface du portail OFEV-CC (prototype) : 1. Barre d'indicateurs, 2. Géovisualisation du dispositif de monitoring, 3. Affichage des données de la webcam Cam07

COCPITT : Étude de vulnérabilité sismique du bâti

Sous l'égide du géologue cantonal, le CREALP contribue depuis une dizaine d'années à divers projets en rapport avec les objectifs fixés par COCPITT pour protéger au mieux la population contre ce type de risque.

DEUX OUTILS INCONTOURNABLES POUR LA PRÉPARATION AU SÉISME

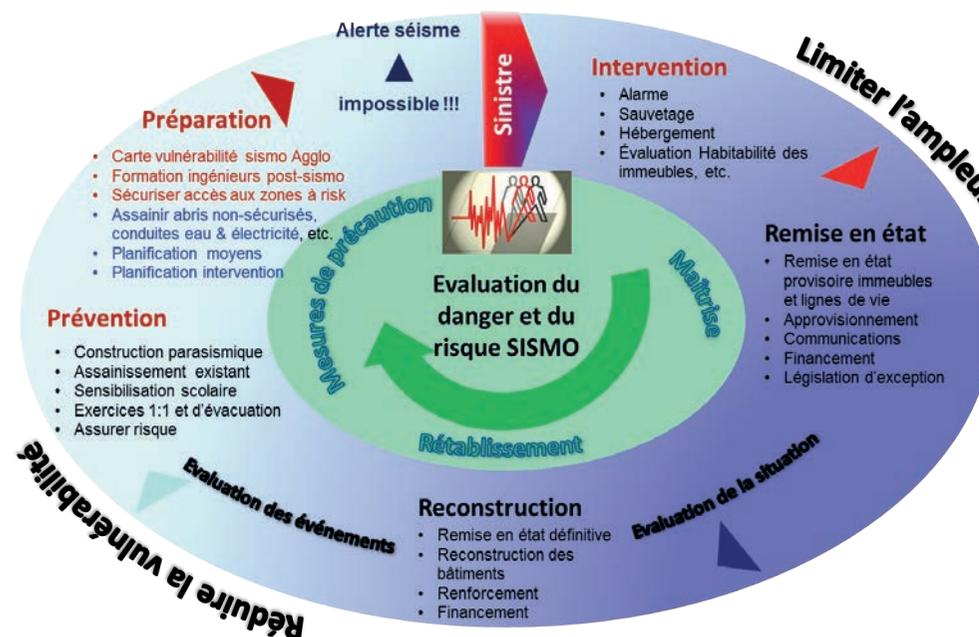
Dans le domaine de la protection parasismique, le CREALP a développé deux outils très spécifiques pour gérer de façon optimale la phase de crise immédiatement après la survenance du séisme :

- Le premier projet a permis d'élaborer une fiche de relevé post-sismique du bâti endommagé par la première secousse de façon à pouvoir décider d'autoriser ou non sa réoccupation malgré les inévitables répliques. La prise en main de cette fiche est assurée par un cours dispensé aux ingénieurs spécialisés, qui, à terme, seront affectés à une unité de milice spéciale de la PC gérée par l'OCPP. C'est dans le cadre de la 1ère partie du programme Interreg Alcotra RiskNat que le CREALP a pu bénéficier du savoir-faire exceptionnel dans ce domaine de Mauro Dolce & Filomena Papa, deux ingénieurs parasismiques rattachés à la DNPCI.

- Le second projet a porté sur le développement d'une méthode d'évaluation expéditive de la vulnérabilité sismique du bâti d'avant 2004 des villes de Sion et Martigny avec un rendu sur carte. Réalisé dans la 2^{ème} partie du programme susmentionné, il a été conçu sous l'égide scientifique des Prof. S. Podestà (UniGenova) et P. Lestuzzi (EPFL).

FLOW-CHART COCPITT

La présentation en forme de ballon de rugby de ce flow-chart répertorie ci-dessous les **étapes d'action** marquant la gestion du risque sismique. Les actions, outils et mesures de précaution spécifiés pour les étapes *Prévention* & *Préparation* ont été développés sous l'impulsion du géologue cantonal suite au durcissement des normes sismiques en 2003 et de la modification de la loi cantonale sur les constructions qui depuis 2004 oblige de construire parasismique. À propos de



Flow-chart COCPITT: le ballon de rugby illustre la succession des étapes de la prise en compte du risque sismique par le Canton du Valais

la possibilité d'alerte, rappelons que le séisme est le seul danger naturel dont la survenance dans le temps et l'espace reste totalement imprévisible.

SIGCOM : UN OUTIL DE GESTION DES DONNÉES ET D'AIDE À LA DÉCISION

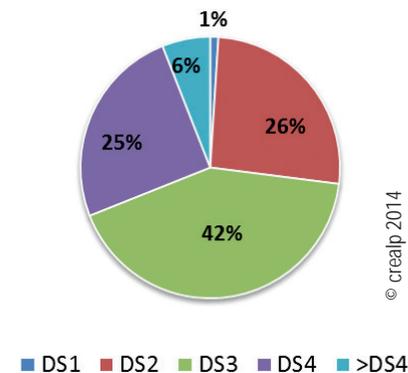
En parallèle à l'élaboration des outils évoqués ci-dessus, l'OCPP a mandaté un bureau spécialisé pour développer un pan supplémentaire du SIGcom pour, d'une part y stocker et gérer l'ensemble des données sismiques pertinentes, et d'autre part y intégrer toutes les matrices de calcul automatique aux fins de les combiner entre elles. Il s'est agi notamment de pouvoir croiser l'accélération du sol avec la vulnérabilité du bâti et de générer ainsi directement à partir du SIGcom la **carte de vulnérabilité sismique** et in fine celle de risque. L'outil a aussi la capacité, à partir des caractéristiques de chacune des secousses successives d'un événement, de simuler online leur ampleur.

Le SIGcom permet de visionner l'état existant et de planifier l'atténuation du risque dès l'instant où l'on connaît le degré d'exposition au séisme et celui de la vulnérabilité du bâti. Une fois les données implémentées, le SIGcom constitue un véritable outil d'aide à la décision pour les gestionnaires de la crise.

MODE OPÉRATOIRE DE L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET RÉSULTATS

Dans un premier temps, on a défini les zones d'agglomération à analyser avec la méthode UniGEN à partir d'une classification des types de construction d'avant 2004 (a priori non parasismique). Le bâti de moins de 3 étages n'a pas été considéré du fait de sa vulnérabilité moindre. Après consultation des plans, les immeubles sélectionnés comme échantillons ont fait l'objet de relevés intérieurs. Les caractéristiques structurales permettent de définir la courbe de capacité puis de combiner celle-ci avec les données du sous-sol pour définir le déplacement attendu, et par là, la probabilité d'endommagement correspondante. En considérant deux mécanismes de rupture exercés dans 2 directions, on peut calculer quatre courbes de capacité par bâtiment et définir quatre états d'endommagement.

Les résultats UNIGEN obtenus pour les 205 échantillons de Sion et les 306 de Martigny sont ensuite combinés avec ceux très fragmentaires (uniquement observation de l'extérieur) de la méthode rapide RISKUE-LM2, elle-même appliquée à la totalité des 3000 immeubles de Sion et 1565 de Martigny, pour obtenir en fin de compte la carte de vulnérabilité sismique de ces deux villes.



- DDS1 : Peu ou pas de dommages ; bâtiment reste fonctionnel
- DDS2 : Dommages modérés ; bâtiment reste fonctionnel
- DDS3 : Dommages lourds ; structure porteuse atteinte ; renforcement nécessaire avant de ré-habiter
- DDS4 : Dommages très élevés ; bâtiment plus fonctionnel

Vulnérabilité sismique de Sion (205 bâtiments): Répartition des degrés de dommage d'après la méthode UniGEN

- COCPITT : Concept Cantonal de Préparation et Intervention en cas de Tremblement de Terre (approuvé par le Conseil d'Etat en date 25.9.2013)
- DNPCI: Direction Nationale de la Protection Civile italienne
- OCPP : Office Cantonal de Protection de la Population rattaché au SSCM
- SIGCOM : Système d'Information Géographique COMMunal
- SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau, Etat du Valais
- SSCM : Service de la Sécurité Civile et Militaire, État du Valais
- UniGEN : Università Degli Studi Di Genova, Italia

RESSOURCES NATURELLES



La surveillance et la gestion des eaux souterraines et superficielles en Valais

SURVEILLANCE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DE LA PLAINE DU RHÔNE
SIGES : LE SYSTÈME D'INFORMATION ET DE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES
SURVEILLANCE DES AQUIFÈRES DE MONTAGNE
SURVEILLANCE DES COURS D'EAU LATÉRAUX

Le projet Réchy : Optimisation de la gestion et de la protection des ressources en eau souterraine

Gestion de l'eau et changement climatique dans le bassin versant de la rivière Jinsha - Chine

Glaciers+ : Gestion de l'eau en région de montagne et changement climatique - Pérou

Qualité de l'eau - Rivière Lurin, Pérou

Exploitation des données quaternaires de la vallée du Rhône

GEO THERMOVAL II : Potentiel géothermique de moyenne enthalpie au fond de la vallée du Rhône

EXPLOITATION DES MESURES DE TEMPÉRATURE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE

La surveillance et gestion des eaux souterraines et superficielles en Valais

SURVEILLANCE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE DE LA PLAINE DU RHÔNE

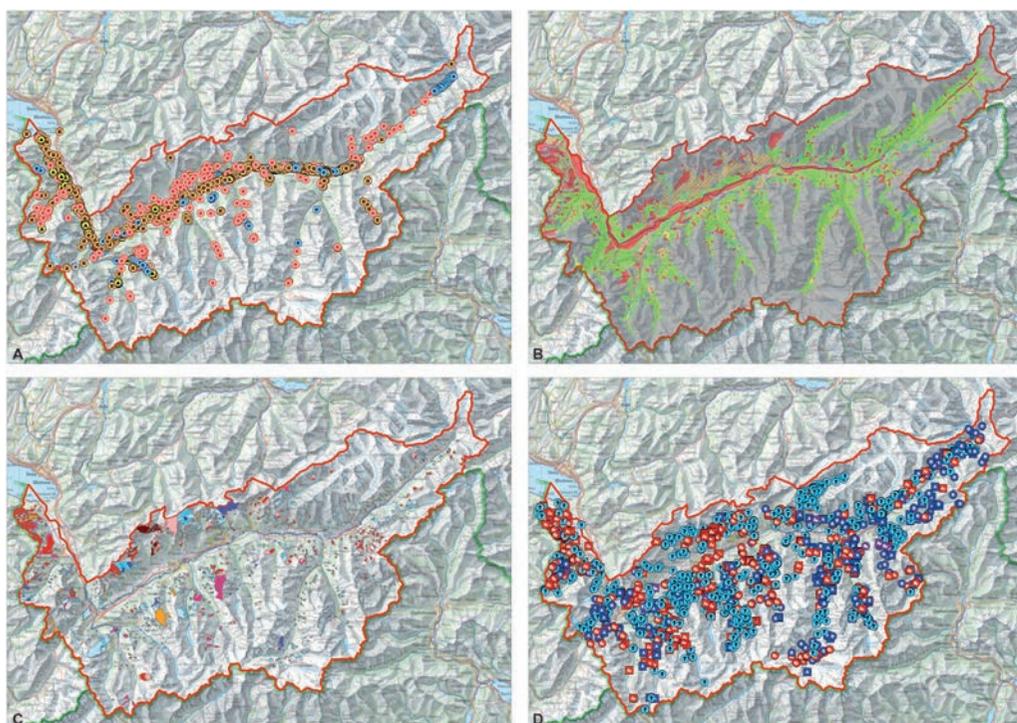
Le réseau de surveillance de cet aquifère se compose actuellement de 130 stations de mesures disposées entre Brig et le lac Léman. Dans le cadre des travaux de la 3^{ème} correction du Rhône, le CREALP s'est en outre vu confier récemment un réseau supplémentaire d'une centaine de stations dédiées expressément aux besoins du projet. Il se retrouve aujourd'hui en charge du contrôle et de la maintenance des deux réseaux, de leur chaîne de collecte, traitement et validation des données ainsi que de leur publication via le portail web HYDRO.

SIGES : LE SYSTÈME D'INFORMATION ET DE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

En étroite collaboration avec le SPE (Groupe Eaux souterraines), le CREALP a activement participé à une réflexion devant aboutir à une stratégie globale et une redéfinition des objectifs en matière de surveillance des eaux souterraines à court, moyen et long termes. Cette analyse qui considère les différents aspects en lien avec la gestion des eaux souterraines (surveillance quantitative et qualitative, protection des ressources en eau, cadastre des sources et des forages, etc.) a trouvé une première concrétisation en

2015 avec la conception et l'implémentation par le CREALP, pour le compte du SPE, du *Système d'Information et de Gestion des Eaux Souterraines* (SIGES). Couplé aux bases de données cantonales (REGIS, Géocadastre, SIT-VS), le SIGES a pour objectifs de :

- rendre disponible l'information sur les eaux souterraines sur l'ensemble du territoire cantonal ;
- mettre en place un outil pour aider à la gestion des eaux souterraines constitué de bases de données géoréférencées ;



Exemples de géodonnées implémentées dans le SIGES (Système d'Information et de Gestion des Eaux Souterraines) : A. inventaire cantonal des forages (données sources : Geocadast, fév. 2016) ; B. carte d'admissibilité des sondes géothermiques (données sources SIT-VS, déc. 2014) ; C. Zones et périmètres de protection des eaux souterraines (données sources : SIT-VS, sept. 2015) ; D. inventaire cantonal des sources (données sources : REGIS, fév. 2016).

- faciliter la prise de décision, en favorisant l'accès en consultation et l'analyse des données de base ;
- favoriser l'exploitation des données via l'élaboration de produits dérivés (cartes, statistiques, synthèses, etc.).

Dans le cadre de son mandat, le CREALP a par ailleurs collaboré à la définition et réalisé l'implémentation dans REGIS du modèle de données pour la gestion cantonale des géodonnées relatives à la protection des eaux souterraines. Il a également contribué à la définition et à la mise en place d'un « workflow » pour la gestion des études de délimitation des zones de protection depuis la prise en charge du dossier jusqu'à l'informatisation des données dans REGIS et leur mise à disposition via le SIGES.

SURVEILLANCE DES AQUIFÈRES DE MONTAGNE

S'inscrivant dans une démarche de gestion intégrée des ressources en eaux, le Canton du Valais, sous l'impulsion du SPE, a décidé depuis quelques années d'étendre l'observation des eaux souterraines aux aquifères de montagne. Le réseau *Sources* cantonal regroupe actuellement 5 sources représentatives d'environnements hydrogéologiques variés (aquifères karstiques et fissurés) : La Lé, (Commune de Grône) ; Le Brocard, (Commune de Martigny) ; La Vouette, (Commune de Dorénaz) ; Pierrier de Visse ; (Commune de Savièse) ; Brunnstube, (Commune

de Baltschieder). Ces sources font l'objet d'un suivi en continu depuis 2010. Les observations collectées (débit, température, conductivité électrique) doivent permettre de caractériser leur environnement hydrogéologique ainsi que leurs conditions de gisement (régime hydrologique, type de réservoir, conditions de recharge aquifère, facteurs d'alimentation, volume des réserves, etc.). Le suivi à long terme de ces aquifères doit permettre, via notamment la définition et le calcul d'indicateurs (p. ex. résistance à la sécheresse), d'évaluer et d'anticiper au mieux les effets des contraintes climatiques à court, moyen et long terme sur le renouvellement des ressources en eaux souterraines (p. ex. réduction de la composante glaciaire dans l'alimentation de certaines sources, élévation de l'altitude moyenne d'enneigement, modification progressive du régime des précipitations, etc.).

Sur mandat cantonal, Le CREALP a repris depuis début 2015 la gestion du réseau *Sources*. Celle-ci englobe les contrôles réguliers et la maintenance des stations de mesure ainsi que l'archivage des données d'observation dans la base de données hydrogéologique cantonale REGIS. Dans le cadre de son mandat, le CREALP fournit également un appui scientifique et technique à l'OFEV pour la gestion des stations *Sources-Valais* intégrées au réseau national d'observation des eaux souterraines NAQUA-QUANT. C'est dans ce contexte que le CREALP a proposé et va assurer, début 2016,

l'équipement de la source du Plan de la Dzeu à Fionnay (Commune de Bagnes).

SURVEILLANCE DES COURS D'EAU LATÉRAUX

La surveillance hydrométrique des cours d'eau latéraux à l'échelle cantonale poursuit prioritairement deux buts :

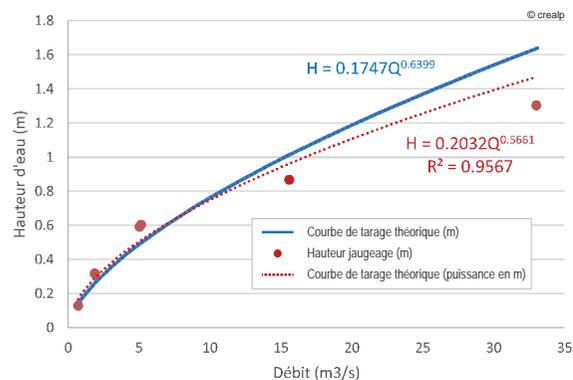
- fournir des données de base (hauteurs d'eau, débit) au système de *prévision et de gestion des crues MINERVE* pour améliorer le calage et la performance du modèle hydrologique, notamment aux niveaux des bassins versants latéraux (stations MINERVE d'intérêt cantonal) ;
- fournir, dans le cadre de la mise en place des *plans d'urgence communaux* (PUC), un système de surveillance et d'alarme des niveaux et/ou débits (stations PUC d'intérêt communal).

Le réseau en service fin 2015 dénombre 10 stations de mesure avec 60% de stations PUC et 40% de stations MINERVE. Les travaux réalisés courant 2015 par le CREALP avec la collaboration technique de la Section logistique d'entretien du SRTCE incluent :

OFEV : Office Fédéral de l'Environnement

SPE : Service de la Protection de l'Environnement, État du Valais

SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau, État du Valais



Etablissement de la courbe de tarage de la station PUC de la Morge : comparaison courbe de tarage théorique (sd ingénierie sa) – débits obtenus par jaugages chimiques (CREALP)

- La mise en service de la station de la Turtmäna (mis en service : 21.01.2015, coord. : 619'791 / 127'982) ;
- La maintenance corrective des installations de mesure ;
- La reconnaissance de sites de mesure potentiels MINERVE (Gamsa, Saasservispa, Lonza, Dala) et PUC (Rèche, Vièze de Morgins) ;
- Le jaugage de la station de la Morge : dans le cadre de la mise en œuvre du plan d'urgence de la commune de Conthey, le CREALP a été mandaté pour établir la courbe de tarage de la station hydrométrique de la Morge.

Le projet Réchy : Optimisation de la gestion et de la protection des ressources en eau souterraine

Le projet Réchy fait suite au projet de coopération transfrontalière STRADA (INTERREG IV Alcotra Italie-Suisse, 2010-2013) qui visait à appréhender le comportement, sous contraintes climatiques, d'aquifères de montagne situés dans des contextes géographiques et hydrogéologiques variés en considérant les effets potentiels induits par les changements climatiques, notamment ceux en rapport avec l'évolution annoncée des précipitations et des températures dans les prochaines décennies (modifications de la répartition annuelle des précipitations, réduction de l'enneigement, remontée de la limite des chutes de neige, etc.). Les résultats obtenus à l'issue du projet STRADA ont encouragé à i) établir le vallon de Réchy comme site expérimental d'étude, ii) renforcer la collaboration scientifique (Canton, CHYN, CREALP, bureau d'étude ALPGEO) à la faveur de différents travaux de recherche. Les observations menées depuis 2 ans dans le cadre du projet Réchy doivent permettre :

- D'évaluer la part et l'effet des variations du stockage souterrain sur les débits d'étiage qui constituent un indicateur d'éventuelles modifications des conditions d'alimentation (CHYN) ;
- De caractériser la ressource hydrique stockée sous forme de neige avec pour

objectif d'évaluer la part d'eau d'origine nivale dans les débits d'écoulement (CREALP) ;

- D'optimiser à terme la gestion et la protection de la ressource en eau souterraine en intégrant les résultats obtenus dans une approche méthodologique transposable à d'autres bassins et passant notamment par l'élaboration d'indicateurs de vulnérabilité quantitatifs et qualitatifs des sources (SPE, CHYN, CREALP, ALPGEO).

Le travail de Master entrepris en 2015 par le CHYN et réalisé avec le support du CREALP, du SPE et du bureau ALPGEO, s'appuie d'une part sur l'exploitation des mesures directes de terrain (mesures hydrogéologiques quantitatives et qualitatives, mesures d'enneigement et mesures météorologiques), et d'autre part sur l'élaboration d'un modèle géologique et hydrogéologique du bassin de Réchy.

C'est dans ce cadre que le CREALP a acquis et déployé en octobre 2015 dans le secteur du Louché (alt. 2'613 msm) une station météorologique. Cette station, combinée avec la station installée en 2011 sur le plateau de l'Ar du Tsan (alt. 2'190 msm) dans le cadre du projet STRADA, doit permettre d'évaluer le gradient de température et de précipitations à l'intérieur du bassin de Réchy. Corrélativement et afin de suivre l'évolution spatiale et temporelle du manteau neigeux, le CREALP a conçu et installé dans le secteur du

Tsalet des jalons à neige exploitant la technologie des capteurs-boutons (i-buttons). La technique, reprise d'études réalisées notamment au Canada, s'appuie sur l'utilisation des mesures de la température de l'air réalisées via des capteurs miniatures low-cost de type i-buttons comme mesures d'évaluation indirecte (= variable proxy) de l'épaisseur de neige. Le principe de mesure est basé sur la modification du signal thermique et notamment l'atténuation progressive puis complète des variations diurnes-nocturnes de la température de l'air une fois le capteur-bouton enseveli sous la neige. L'analyse comparative des signaux enregistrés par les différents capteurs distribués verticalement sur une perche à neige et identifiés de manière univoque doit permettre de suivre l'évolution de l'enneigement aussi bien en période d'accumulation que de fonte. C'est ainsi que 7 jalons (2.30 m de haut avec 16 à 28 capteurs par jalons, espacés de 10 à 20 cm) ont été déployés en octobre 2015 dans le secteur Ar du Tsan - Tsalet entre 2'200 et 2'500 m d'altitude.



Projet Réchy : détail des dispositifs de mesure installés dans le vallon de Réchy en octobre 2015. A. Station pluviométrique du Louché (pluviomètre universel à pesée type OTT Pluvio2) ; B. Jalon à neige (Ar du Tsan) ; C. détail d'installation des capteurs-boutons sur le mât ; D. capteur-bouton et support d'installation.

CHYN : Centre d'Hydrologie et de Géothermie de l'Université de Neuchâtel

SPE : Service de la Protection de l'Environnement, État du Valais

SRTCE : Service des routes, transports et cours d'eau, État du Valais

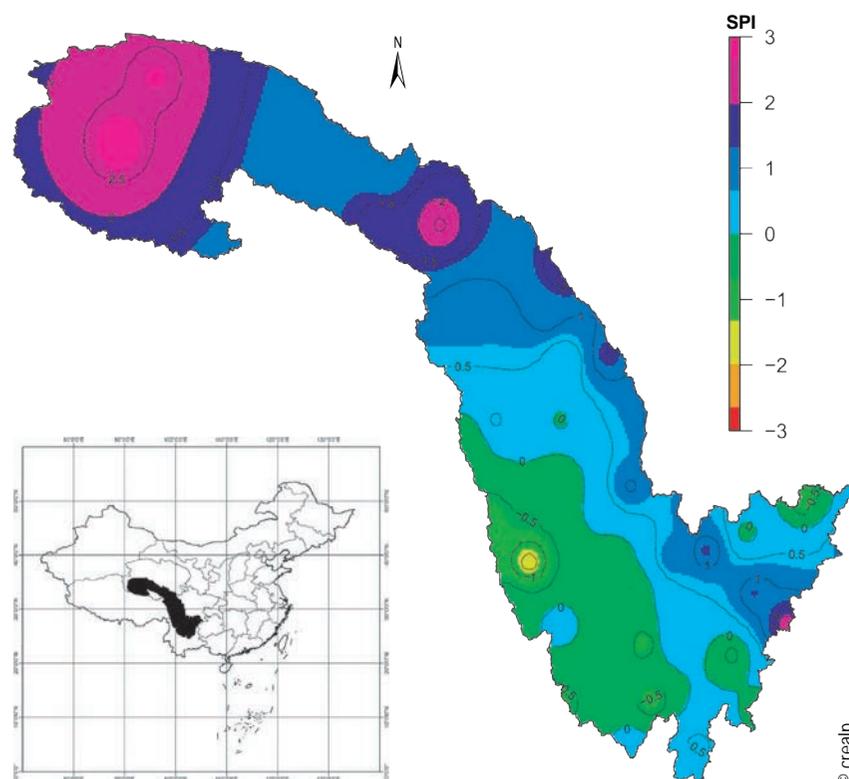
Gestion de l'eau et changement climatique dans le bassin versant de la rivière Jinsha - Chine

Le but du projet *Climate Change Impact on Integrated Water Resources Management in Upper Changjiang Basin, Jinsha River*, démarré en 2015, est de développer un système de gestion intégral des ressources en eau et du risque hydrologique pour le bassin versant de la rivière Jinsha. Financé par l'Agence Suisse Développement et Coopération (DDC), ce projet découle d'un partenariat entre différentes institutions publiques ainsi que des entreprises privées suisses et chinoises. Du côté suisse, les bureaux Ernst Basler + Partner (EBP), GEOTEST, e-dric et le CREALP et, du côté chinois, le Changjiang River Scientific Research Institute (CRSRI), le Bureau of Hydrology (BOH), le Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research (CISPDR), l'Institute of Hydro Ecology (IHE) et le Nanjing Hydraulic Research Institute (NHRI) forment les partenaires interdisciplinaires du projet.

Le rôle du CREALP dans ce projet de grande envergure consiste dans un premier temps à analyser et interpréter les données hydro-météorologiques disponibles. Les résultats seront ensuite utilisés pour la modélisation hydrologique dans le but d'établir des scénarios futurs à moyen et long terme, et ainsi d'appréhender des stratégies de gestion et de protection adaptées à cette problématique hydro-climatique complexe.

A ce stade du projet, le CREALP a développé un outil de calcul qui inclut des modules pour : i) le calcul des principaux indicateurs statistiques basiques des séries temporelles hydro-météorologiques ; ii) le calcul de divers indices de sécheresse et la détection d'événements historiques ; iii) l'analyse de fréquence des séries temporelles et l'analyse de tendance des séries temporelles.

Sur la base de ces premiers résultats, d'autres « outputs » seront produits pour caractériser les événements hydro-météorologiques comme les sécheresses ou les crues historiques, et étudier la conséquence des scénarios climatiques à moyen et long terme.



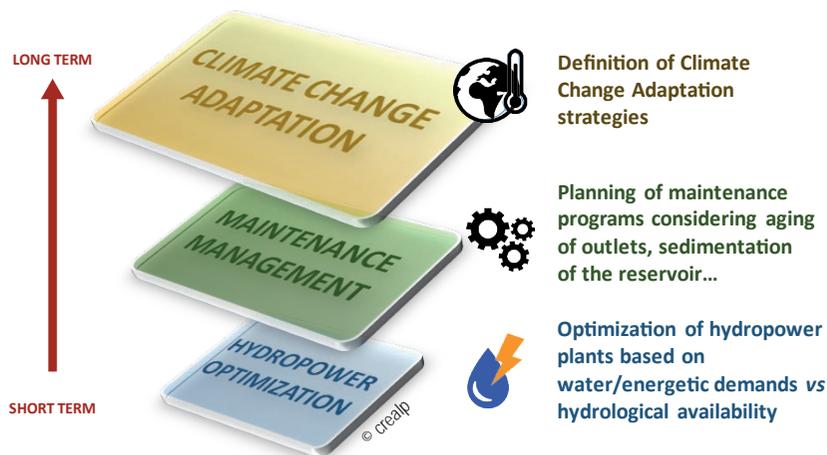
Indice de sécheresse SPI (Standardized Precipitation Index) étendu à l'ensemble du bassin versant de la rivière Jinsha pour la période d'août 2009 à janvier 2010

Glaciers+ : Gestion de l'eau en région de montagne et changement climatique - Pérou

Le projet *Glaciers+*, démarré en novembre 2015, est la suite du projet *Glacier 513* (cf. p. 13) et se déroulera sur 3 ans pour se terminer en octobre 2018. Cette nouvelle phase vise à capitaliser les résultats du projet précédent et répondre aux nouveaux besoins identifiés. Les principaux objectifs du projet sont liés, d'un côté, à l'optimisation multi-objective de la gestion de

Zurich et par l'ONG internationale CARE Pérou. D'autres partenaires comme le CREALP, l'EPFL, Meteodat et l'Autorité Nationale de l'Eau (Pérou) sont parties prenantes du projet.

Le rôle du CREALP dans ce nouveau projet sera d'effectuer des modèles hydrologiques pour les différents bassins d'étude, y compris le bilan hydrique et la gestion optimale de la production hydroélectrique, le tout intégré dans une vue globale de gestion des risques liés au recul des glaciers.



Outil de gestion des centrales hydroélectriques à 3 niveaux

l'eau en région de montagne et, de l'autre, à la gestion des risques naturels et à l'analyse des nouvelles opportunités liées aux impacts du changement climatique. Le projet est financé par la DDC (Direction du Développement et de la Coopération) et est conduit par l'Université de

potentiels, leurs présenter le projet et définir leur rôle. Dans les prochains mois, un plan de travail détaillé sera élaboré par les principaux responsables. Des objectifs précis seront alors définis, les acteurs impliqués identifiés, et les lignes du projet affinées.

Qualité de l'eau - Rivière Lurín, Pérou

Ce projet visait à renforcer la recherche et l'innovation scientifique dans le domaine de la qualité de l'eau et à développer des actions de gestion intégrées au niveau des bassins versants. L'objectif principal était d'identifier, quantifier, réduire et contrôler les sources de contamination afin d'améliorer la qualité de vie de la population péruvienne, avec une étude de cas dans la rivière Lurín.

L'Université Polytechnique de Valence – UPV (Valence, Espagne), l'Université nationale agraire La Molina – UNALM (Lima, Pérou), l'Autorité Nationale de l'eau – ANA (Pérou) et le CREALP ont collaboré dans ce projet, démarré en janvier 2014 et terminé en décembre 2015.

La détérioration de la qualité de l'eau dans la rivière Lurín constituait la cible principale du projet en raison de son influence sur la santé publique. Dans les campagnes de mesures, différents coliformes d'origine humaine et animale ont été trouvés comme contaminants principaux, spécialement dans le bassin inférieur de la rivière. Un modèle de qualité de l'eau a été ensuite développé dans le but d'analyser plusieurs solutions au problème. Ce projet a également permis de sensibiliser et responsabiliser les institutions péruviennes à travers le renforcement de la ligne scientifique vis-à-vis de la qualité de l'eau.

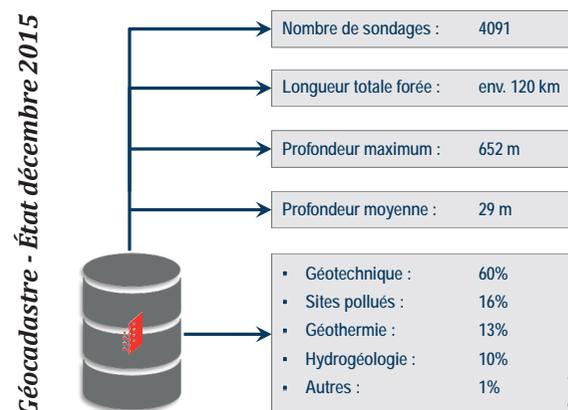
Exploitation des données quaternaires de la vallée du Rhône

La croissance démographique et économique observée en Valais depuis plusieurs décennies n'est pas sans conséquence sur l'organisation de notre territoire. Afin de garantir une logique de développement territorial durable, il importe de veiller à une utilisation rationnelle du sol et du sous-sol. L'espace souterrain est aujourd'hui source d'enjeux multiples, que ce soit en termes de gestion des ressources naturelles (eau, géothermie, énergies fossiles, géo-matériaux etc.), d'infrastructures (routières, ferroviaires, hydroélectriques, etc.), de gestion environnementale (pollution, stockage de déchets, etc.) ou encore de développement urbain (réserve d'espaces, mobilité des personnes et/ou des marchandises, etc.). La connaissance et l'étude du sous-sol sont à cet égard d'une importance primordiale et les données issues des sondages géologiques une source d'information essentielle.

GÉOCADASTRE : LE CADASTRE CANTONAL DES SONDAGES GÉOLOGIQUES

Mis en production fin 2013, le cadastre des sondages géologiques a poursuivi son essor en 2015 avec une hausse de 30% du nombre de sondages archivés par rapport à fin 2014. Ce résultat tient pour l'essentiel à l'augmentation du nombre de contributeurs, preuve que le *Géocadastre* a su progressivement s'imposer comme un outil de référence auprès des

praticiens. Afin d'améliorer les possibilités d'exploitation des données stockées dans cette base de données, le CREALP a élaboré un catalogue de propositions visant à améliorer l'ergonomie et les fonctionnalités de l'outil. Celui-ci prévoit notamment le portage sur une plateforme de géovisualisation moderne qui permettra d'offrir un contenu beaucoup plus riche au travers d'une réelle mise en valeur des informations disponibles dans la base de données forages. Un premier prototype devrait être implémenté courant 2016.



Un premier exemple d'exploitation et de valorisation à l'échelle régionale des données du *Géocadastre* été réalisée en 2015 à la faveur de deux projets sur lesquels le CREALP était directement engagé.

GRUNDWASSER PROBLEMATIK - VISP

De fin 2011 à fin 2013, la ville de Visp a été confrontée à une élévation exceptionnelle du

niveau de la nappe phréatique atteignant localement de près de 2.00 m en basses-eaux et 1.50 m en hautes-eaux. Face aux problèmes engendrés, le Canton du Valais, en collaboration avec la commune de Visp, a mandaté une expertise afin d'identifier l'origine de ces remontées de nappe via une analyse détaillée des données d'observation à disposition. Dans le cadre cette étude, le Service de la protection de l'environnement a confié à la société DELTARES le développement d'un modèle d'écoulement 3D du bassin de Visp dans le but d'offrir une meilleure compréhension du système aquifère et de quantifier la part relative des différents facteurs régissant son fonctionnement et son alimentation. Le CREALP a de son côté été chargé de fournir les données géologiques de base nécessaires à l'élaboration et à la paramétrisation du modèle de réservoir (remplissage et perméabilité). C'est dans ce but que près de 250 forages directement extraits du *Géocadastre* ont fait l'objet d'un traitement consistant, à partir de l'information géologique originale consignée dans les logs, à assigner à Wchaque horizon stratigraphique :

- une unité lithologique (dépôts d'inondation, fluviatiles, marécageux, etc.) ;
- une unité hydrogéologique (niveau aquifère confiné ou non confiné, aquitard, aquiclude) ;
- Une valeur de perméabilité obtenue à partir d'un encodage de la lithologie

selon une méthodologie développée aux Pays-Bas par le TNO-NITG (litho-k code) et implémentée dans la base de données hydrogéologique cantonale REGIS.

GEOQUAT : SYSTÈME D'INFORMATION NATIONAL SUR LA GÉOLOGIE DU QUATÉNAIRE

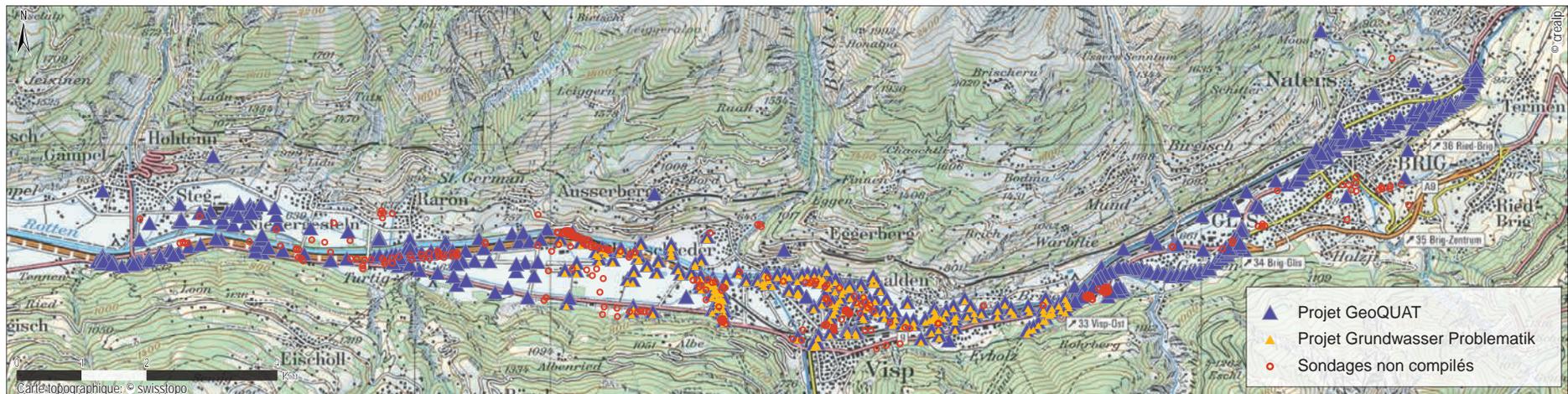
90% de l'utilisation du sol en Suisse intéresse le proche sous-sol, siège de dépôts quaternaires. Constitués essentiellement de roches meubles, ces terrains constituent des gisements de matières premières variées (eau, matières premières minérales, énergie géothermique). Leur nature géologique détermine par ailleurs certaines propriétés du sol qui entrent en ligne de compte pour l'exploitation des ressources

naturelles (hydrogéologie, géothermie), pour la réalisation d'ouvrages, souterrains ou non (géotechnique), ou encore pour la prévention des dangers naturels (p. ex. risque sismique - effet de site).

C'est dans ce contexte que le Service géologique national (SGN) a lancé en 2014 le projet *GeoQuat* qui vise à implémenter d'ici 2017 un système d'information national sur la géologie du Quaternaire qui doit permettre la visualisation, l'analyse et la modélisation 3D des données du sous-sol. La création d'une base de données nationale sur les roches meubles quaternaires constitue la première étape du projet. Elle doit permettre de structurer et d'harmoniser l'information extraite des forages géologiques, d'en

faciliter la collecte et la saisie et d'offrir une solution de gestion centralisée. Pour la mise en œuvre de cette base de données, 4 régions-pilotes ont été sélectionnées en fonction de problématiques particulières :

- Birrfeld (AG) : **géothermie, hydrogéologie**, ressources minérales, stratigraphie ;
- Visp (VS) : **hydrogéologie, microzonage sismique**, stratigraphie ;
- Aaretal (BE) : **stratigraphie**, ressources minérales ;
- Vierwaldstättersee : (NW, OW, SZ, LU, ZG) : **ressources minérales**, stratigraphie.



Sondages géologiques compilés dans le cadre des projets Grundwasser Problematik et GeoQUAT - Données: Cadastre des sondages géologiques

Sur mandat du SGN, le CREALP a offert un appui technique et scientifique pour la compilation et le traitement numérique des données de forages rattachés à la région-pilote de VISP. Plus de 600 forages ont été extraits du cadastre géologique cantonal et traités selon le modèle de données développé et fourni par le SGN. L'exploitation numérique des données passant nécessairement par un encodage de l'information géologique. Dans cette optique, le CREALP a proposé au SGN d'évaluer, dans le cadre des problématiques rattachées à la région-pilote de Visp, le potentiel de la méthode des litho-k codes qui a été mise en œuvre dans le cadre de l'expertise Grundwasser problematik VISP et qui constitue une codification particulièrement bien appropriée aux terrains quaternaires.

Le projet *GeoQuat* est mené en partenariat avec les offices fédéraux (OFEV, OFEN), les Cantons, les commissions fédérales (SGPK, SGTK), les hautes-écoles (UNIBE, ETHZ), et différents partenaires privés (NAGRA, HOLCIM, bureaux d'études).

ETHZ : Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

OFEV : Office Fédéral de l'Environnement

OFEN : Office Fédéral de l'Energie

SGN : Service Géologique National

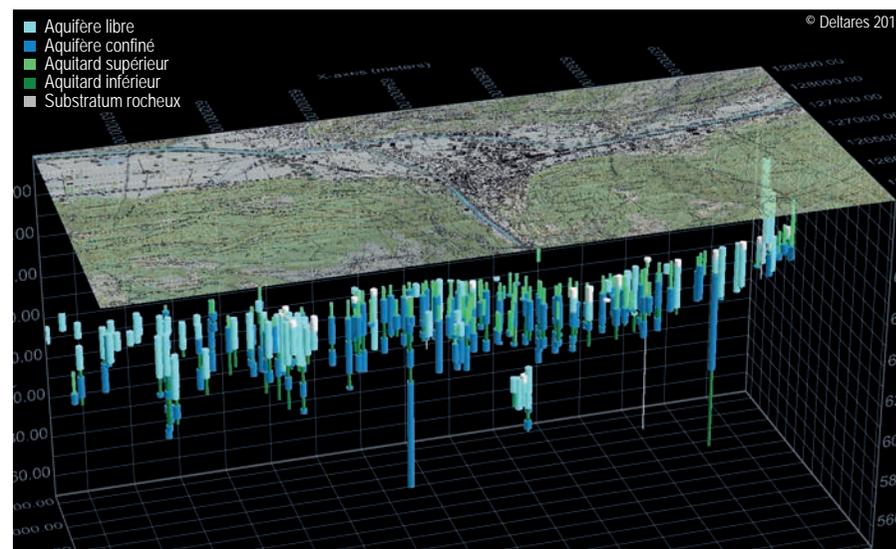
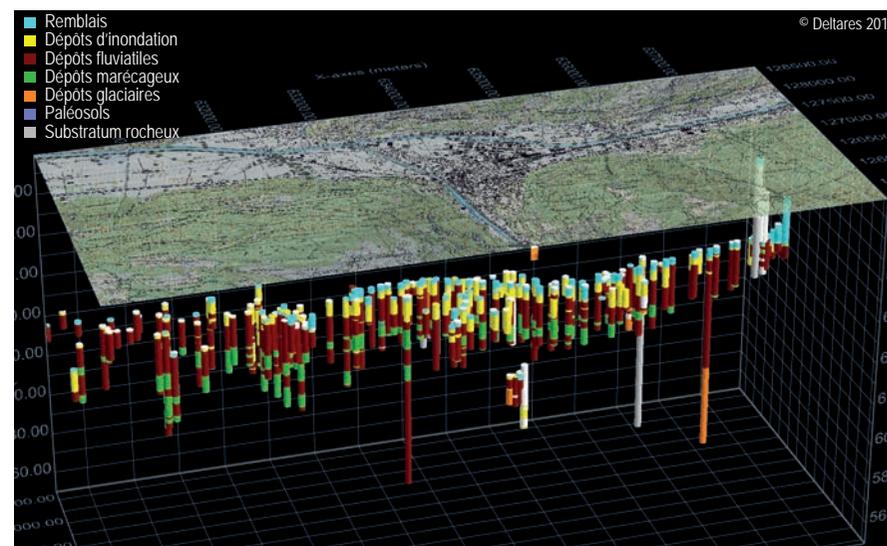
SGPK : Schweizerische Geophysikalische Kommission

SGTK : Swiss Geotechnical Commission

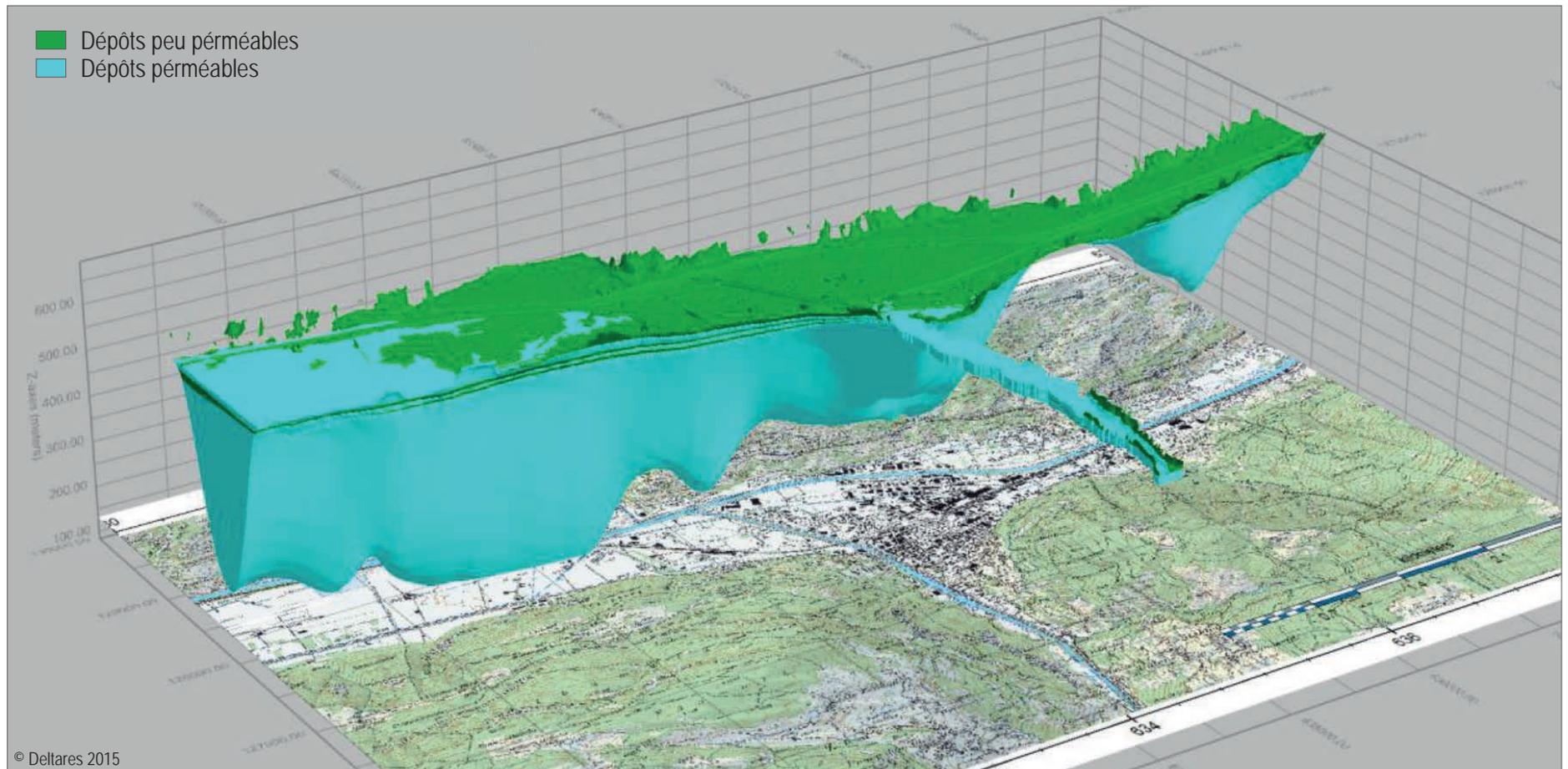
TNO-NITG : Netherlands Organisation for Applied Scientific Research - Geological Survey of the Netherlands

UNIBE : Universität Bern

Représentation 3D des données de forages disponibles selon une classification lithologique simplifiée et adaptée à la géologie régionale (projet Grundwasser Problematik Visp)



Représentation 3D des données de forages disponibles selon une classification hydrogéologique simplifiée et adaptée au contexte régional (projet Grundwasser Problematik Visp)



Modèle 3D du réservoir (Projet Grundwasser Problematik Visp)

GEOHERMOVAL II : Potentiel géothermique de moyenne enthalpie au fond de la vallée du Rhône

Sur la base des investigations géologiques et géophysiques menées depuis 2014 dans la vallée du Rhône entre Sion et Martigny, il ressort que les sédiments situés au fond de l'auge glaciaire pourraient potentiellement abriter un réservoir géothermique avec des eaux de température supérieure à 40°C. L'extension spatiale plus ou moins continue de ces dépôts tout au long de l'axe de la vallée du Rhône pourrait déterminer une véritable «épine dorsale» énergétique pouvant desservir de manière ciblée les principaux centres urbains et leur périphérie. Sur la base des modèles hydrogéologiques conceptuels élaborés dans le cadre de cette recherche, le CREALP propose de réaliser dans la plaine du Rhône plusieurs forages d'exploration allant de 500 à 1'500 m de profondeur.

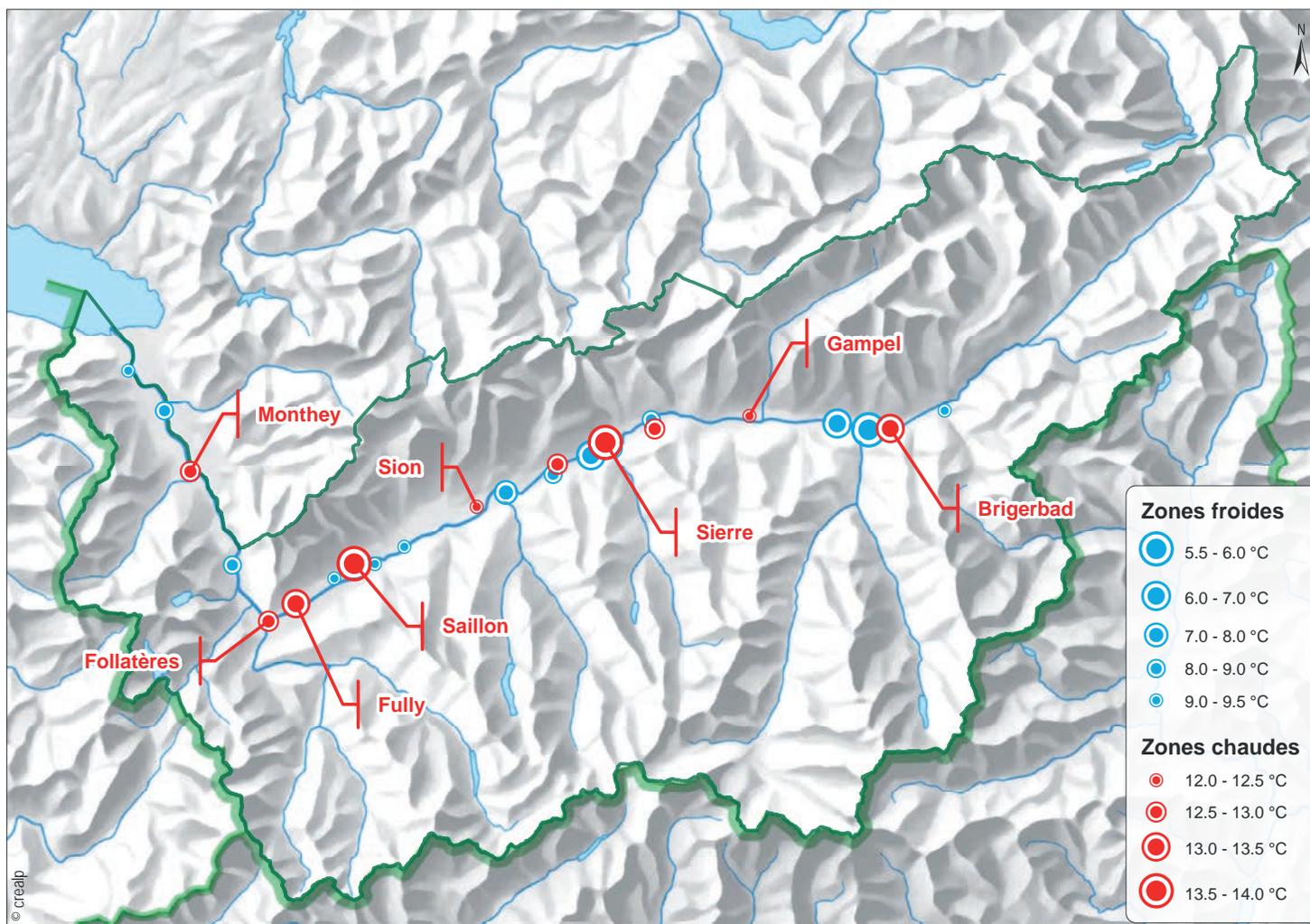
L'ensemble des investigations réalisées à ce jour ont fait l'objet d'un premier rapport de synthèse. Ce document a servi de base scientifique pour déposer auprès de l'OFEN une demande d'éligibilité du projet concernant l'octroi d'une aide financière pour la réalisation de deux forages exploratoires.

EXPLOITATION DES MESURES DE TEMPÉRATURE DE LA NAPPE PHRÉATIQUE

À côté des ressources de grande profondeur, l'eau des nappes souterraines constitue une excellente ressource thermique du fait notamment d'une température relativement stable tout au long de l'année. Avec l'évolution technologique des systèmes de mesures des eaux souterraines, la température de l'eau est devenue désormais un paramètre usuel de la surveillance des nappes phréatiques. Les stations du réseau cantonal de surveillance de la nappe de la plaine du Rhône collectent des données de température depuis près de 25 ans pour les stations de mesure les plus anciennes. En 2015, en prolongement des investigations menées dans le cadre du projet GEOHERMOVAL II, le CREALP a entrepris une première analyse de ces données dans le souci de valoriser cette information. Les données de 183 stations de mesures couvrant la période 1990-2013 ont ainsi été compilées et traitées. Une analyse exploratoire des mesures a permis d'établir une classification préliminaire des stations en fonction de la signature thermique enregistrée. Les statistiques calculées donnent une température moyenne annuelle des eaux de la nappe variant entre 6°C et 15°C (valeurs comparables à celles observées dans le Canton de Neuchâtel). L'analyse spatiale des températures souligne clairement la répercussion des anomalies géothermiques de Saillon et Brigerbad au niveau de la nappe phréatique. Ce constat autorise à penser que les températures élevées de nappe relevées

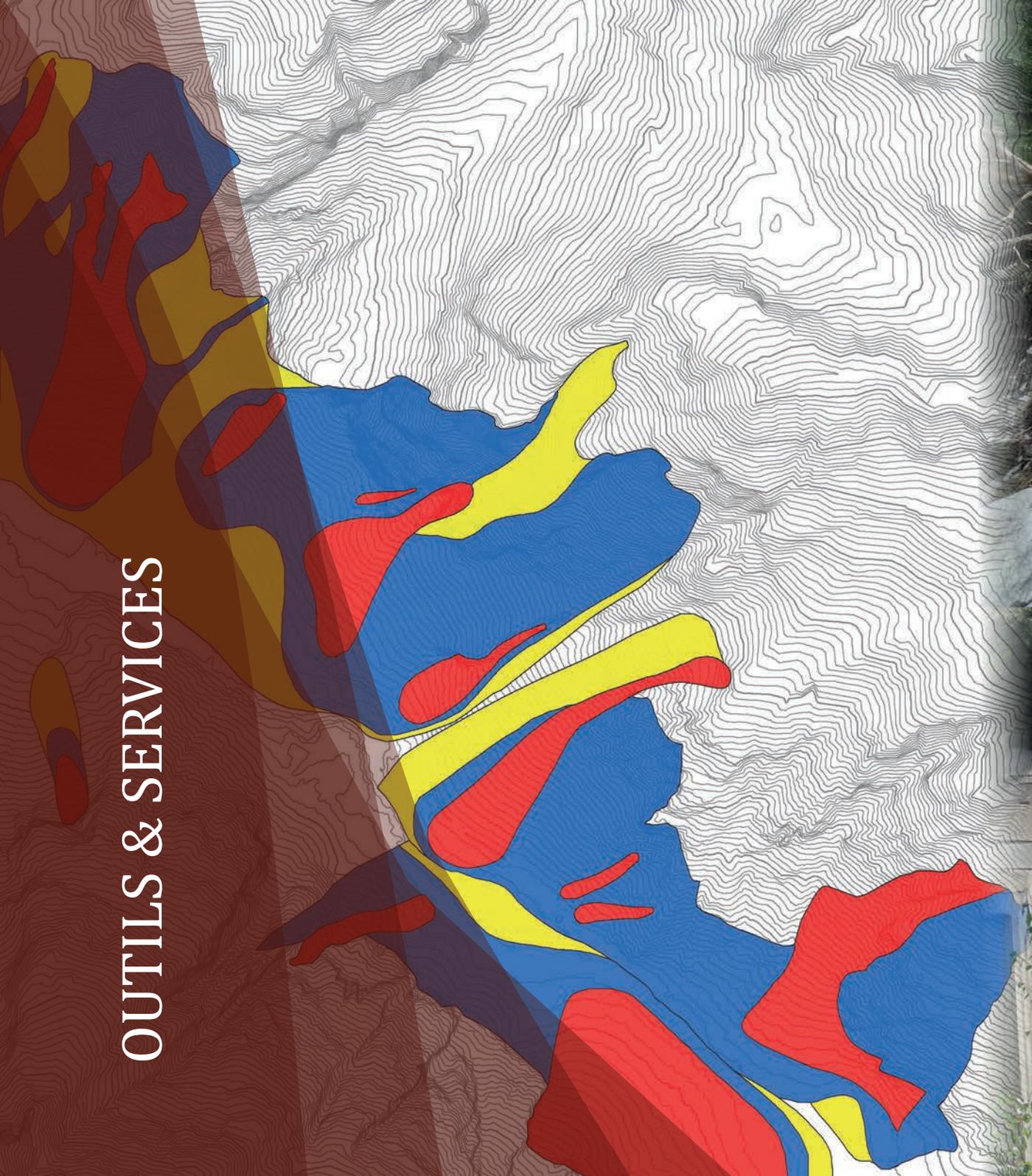
en certains points de la plaine peuvent potentiellement constituer des indices de remontées d'eau chaude depuis l'encaissant de la vallée. Une analyse préliminaire a permis d'identifier un certain nombre de ces anomalies en différents points de la plaine du Rhône, notamment dans la région de Sierre.

Partant du principe que la température de la nappe phréatique enregistre les variations saisonnières de température du sol mais de manière atténuée et décalée de quelques mois par rapport à la surface, un modèle analytique de température (Hillel, 1982) tenant compte notamment des fluctuations de la température du sol en profondeur et de la période d'observation a été utilisé et calibré sur un certain nombre de stations. Bien qu'encourageants, les résultats mettent également en évidence localement certaines incohérences dont il conviendrait d'identifier la source (pollution exothermique, influence géothermique, etc.). Afin d'affiner ce modèle, différentes investigations complémentaires sont projetées pour le futur, telles que la réalisation de profils de température en différents points du réseau de mesure cantonal ainsi que dans le sol via l'utilisation de capteurs-boutons (i-buttons).



Analyse des températures de la nappe phréatique : répartition géographique des zones dites 'chaudes' (= zones où la température des eaux souterraines $\geq [T_{\text{moy. nappe}} + 1\sigma]$) et des zones dites 'froides' (= zones où la température des eaux souterraines $\leq [T_{\text{moy. nappe}} - 1\sigma]$); $T_{\text{moy. nappe}}$ = température moyenne de la nappe phréatique calculée à partir de 183 stations de mesure sur la période 1990-2013; σ = écart-type

OUTILS & SERVICES



Cartes & SIG

Les systèmes d'information à référence spatiale cantonaux pour les dangers naturels

Logiciels

RS MINERVE : Outil de modélisation hydrologique et hydraulique

Formation

Modélisation hydrologique et hydraulique

Dangers naturels

Expertises

Groupe de travail stratégie « EAU-Valais »

Validation de données hydrométriques pour Grande-Dixence SA

Expertises en modélisation hydrologique et hydraulique

Travaux de recherche

Tâches institutionnelles

Gestion des préavis de construction en zones danger Rhône

Gestion des expertises sismiques

Les systèmes d'information à référence spatiale cantonaux pour les dangers naturels

Sous mandat, respectivement du SFP et du SRTCE, le CREALP assure l'infogérance des SIRS-DAGEO et -CRUES. Outre l'informatisation des nouvelles cartes de danger disponibles, le CREALP assure également la coordination avec le CC GEO pour l'actualisation des données au sein de la plateforme géomatique cantonale et collabore avec les responsables cantonaux en charge des études de danger afin de mettre en place des outils et des stratégies adéquates pour la gestion de ces informations.

Suite à la refonte complète du modèle de données afin qu'il corresponde aux exigences du modèle minimal de données de l'OFEV, les données du SIRS-CRUES ont été migrées au sein de l'infrastructure cantonale au cours de l'année 2015. Un nouvel outil de saisie et de consultation

SIRS-DAGEO : Système d'Information à Référence Spatiale pour les dangers géologiques

SIRS-CRUES : Système d'Information à Référence Spatiale pour les dangers hydrologiques

SFP : Service des Forêts et du Paysage, État du Valais

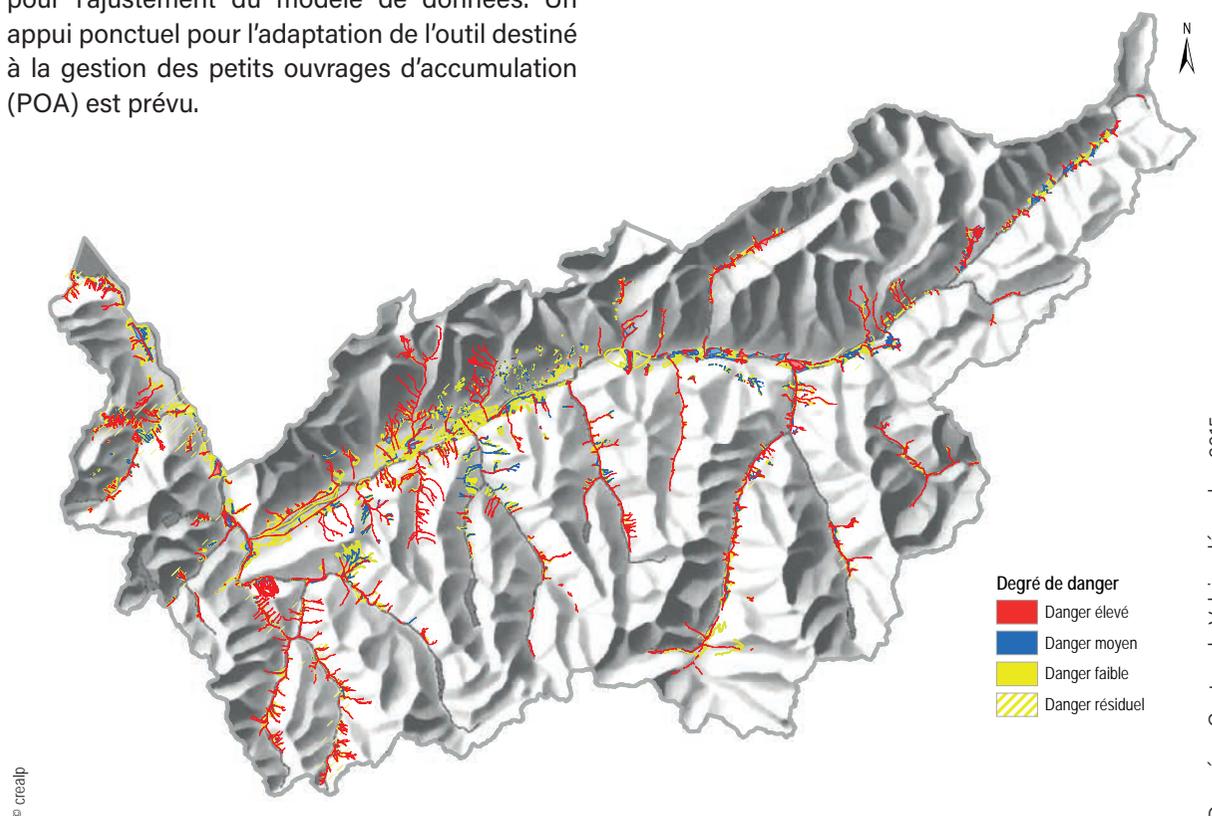
SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau, État du Valais

CC GEO : Centre de Compétence GEOmatique, État du Valais

OFEV : Office Fédéral de l'Environnement

des données a été développé pour permettre la reprise du travail de mise à jour dans ce nouvel environnement.

Dans le but de pouvoir débiter la saisie des informations relatives aux *ouvrages de protection eaux* dans le SIRS-OUVRAGES DE PROTECTION, le SRTCE a également sollicité l'appui du CREALP pour l'ajustement du modèle de données. Un appui ponctuel pour l'adaptation de l'outil destiné à la gestion des petits ouvrages d'accumulation (POA) est prévu.



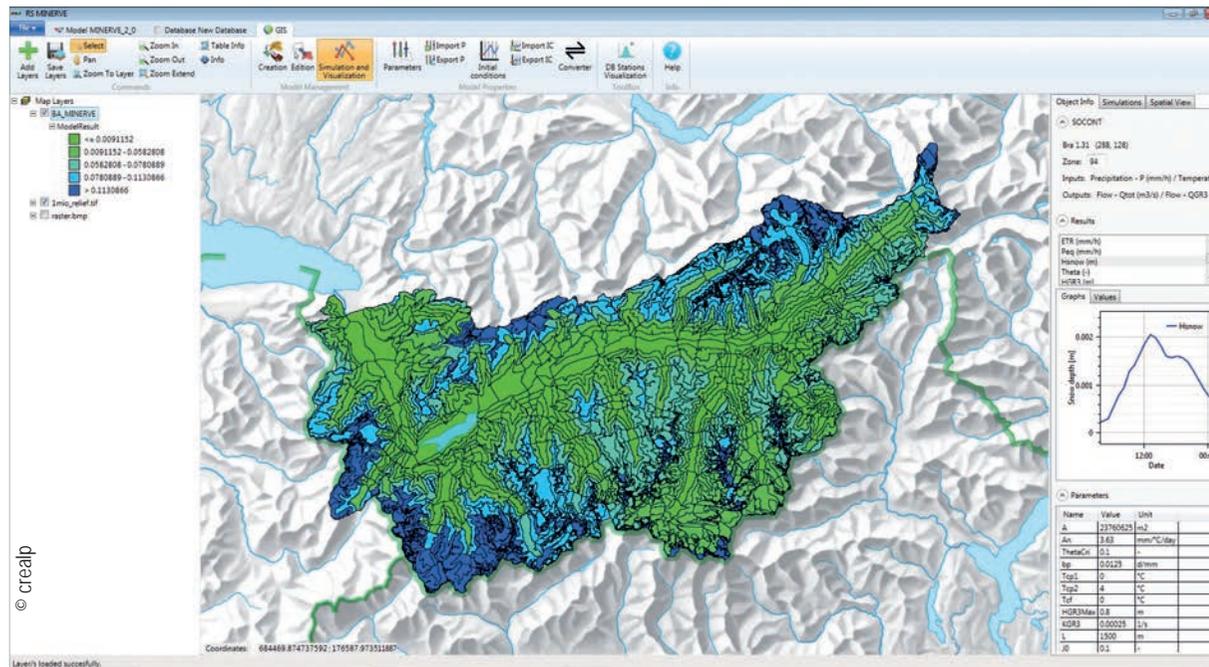
SIRS-CRUES - Carte synthétique des dangers hydrologiques sur le territoire valaisan

RS MINERVE : Outil de modélisation hydrologique et hydraulique

RS MINERVE est un logiciel destiné à la simulation des flux dans des systèmes à surface libre. Il permet la modélisation de réseaux hydrologiques et hydrauliques complexes selon une approche semi-distribuée.

Le logiciel RS MINERVE est développé conjointement par le CREALP et le bureau

d'ingénieurs HydroCosmos SA, avec la collaboration de l'EPFL, l'UPV et l'Association Hydro10. En constant développement, son amélioration est assurée via son application dans le contexte national et international et grâce au retour d'expérience des utilisateurs. Des formations sur RS MINERVE (cf. p. 36) sont organisées régulièrement pour assurer la formation de ses utilisateurs. La version 2.0 du logiciel RS MINERVE a vu le jour en octobre 2015.



Nouvelle interface du logiciel RS MINERVE 2.0 avec module SIG intégré

LES PRINCIPALES NOUVEAUTÉS DE RS MINERVE 2.0

- L'amélioration du routage avec les modèles de résolution Kinematic Wave, Muskingum-Cunge et St-Venant
- L'amélioration des modèles de réservoirs, de turbinage et de production hydroélectrique
- La possibilité de travailler en ligne de commande via VBScript
- La possibilité de créer automatiquement des modèles hydrologiques complets à partir de couches d'information spatiales via l'intégration d'un module SIG
- L'insertion d'images dans l'interface graphique des modèles
- L'amélioration des paramètres avec des systèmes d'unités prédéfinis, personnalisés et adaptés à chaque modèle
- Une nouvelle interface graphique plus ergonomique
- Une nouvelle architecture logicielle modulaire et extensible (plugins)

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

UPV : Universitat Politècnica de València

Modélisation hydrologique et hydraulique

INITIATION À LA MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE À L'AIDE DE RS MINERVE

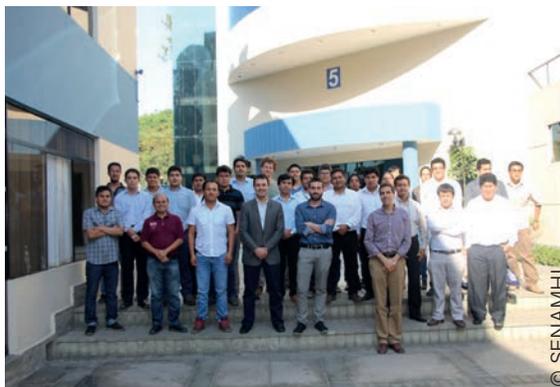
Cette formation visait à transmettre aux participants les compétences nécessaires pour relever avec succès des problématiques liées à la gestion des ressources en eau et aux risques naturels. Plus précisément, il s'agissait de former les participants à la modélisation hydrologique et hydraulique, ainsi que de leur apprendre à utiliser le logiciel RS MINERVE. Les connaissances acquises ont ensuite été appliquées à travers la réalisation d'un exercice pratique.

PERFECTIONNEMENT À LA MODÉLISATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE À L'AIDE DE RS MINERVE

Le but de ce cours de perfectionnement était d'apprendre à appliquer les modules avancés de RS MINERVE dans des domaines plus spécifiques de l'hydrologie. Ce cours a abouti à la présentation des travaux de groupes réalisés par les participants.

SIMULATION HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE EN LIGNE DE COMMANDE AVEC RS MINERVE

L'objectif du cours était d'examiner dans un premier temps le fonctionnement de la version 2.0 du logiciel RS MINERVE et de ses développements majeurs et, dans un deuxième temps,



Formation en modélisation hydrologique, SENAMHI (Lima, Pérou)

de présenter l'outil de simulation hydrologique en ligne de commande avec des VBScripts. Élément fondamental dans la mise en œuvre d'un système de prévision de crues en temps réel. Le cours a été suivi par des participants ayant déjà de bonnes connaissances de base de RS MINERVE.

CLASSES D'INTRODUCTION - MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

Ce cours a fourni des connaissances de base en modélisation hydrologique, ainsi qu'une initiation au logiciel RS MINERVE. Dans ce contexte, des exemples concrets ont été abordés, tels que : le dimensionnement d'un bassin de rétention en fonction d'un collecteur d'eaux usées situé à l'aval ou l'étude de l'effet de laminage des différents bassins de rétention.

CAS : Certificate of Advanced Studies

DDC : Direction du développement et de la coopération Suisse

Dangers naturels

PRÉVISION ET GESTION OPÉRATIONNELLE DES CRUES : LE SYSTÈME MINERVE

Cette formation vise à donner une présentation du système de prévision et gestion des crues MINERVE aux coordinateurs locaux dans le but de donner une vue d'ensemble des problématiques liées à la prévision opérationnelle.



Formation en modélisation hydrologique, EPFL (Lausanne, Suisse)

DIHMA : Département en Hydraulique et Environnement (UPV)

EPFL : Ecole Polytechnique de Lausanne

HEPIA: Haute École du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture de Genève

LCH : Laboratoire de Constructions Hydrauliques (EPFL)

UPV : Universitat Politècnica de València

UZH : Université de Zurich

SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau, État du Valais

COURS	CADRE	ORGANISATEURS	DATE & LIEU	PARTICIPANTS
Initiation à la modélisation hydrologique et hydraulique avec RS MINERVE	Formation continue - CREALP	CREALP, EPFL (LCH), UPV, Hydro10	28 et 29 janvier 2015 à l'EPFL, Lausanne, Suisse	24
	Projet Glacier 513	CREALP, SENAMHI, UZH, DDC, MeteoDat, CARE, EPFL	13 au 15 avril 2015 au SENAMHI, Lima, Pérou	32
	Master en Hydraulique et Environnement - UPV (DIHMA)	CREALP, UPV (DIHMA), Hydro10	16 et 17 décembre 2015 à l'UPV, Valencia, Espagne	21
Perfectionnement à la modélisation hydrologique et hydraulique avec RS MINERVE	Projet Glacier 513	CREALP, SENAMHI, UZH, DDC, MeteoDat, CARE, EPFL	16 au 17 avril 2015 au SENAMHI, Lima, Pérou	20
Simulation hydrologique et hydraulique en ligne de commande avec RS MINERVE	Projet Glacier 513	CREALP, SENAMHI, UZH, DDC, MeteoDat, CARE, EPFL	3 et 4 décembre 2015 au SENAMHI, Lima, Pérou	10
Classes d'introduction - Modélisation hydrologique	Master - EPFL : cours «Hydrologie urbaine» (Section Sciences et Ingénierie de l'Environnement); cours «réseaux hydrauliques» (Section Génie Civil)	CREALP	23 et 25 mars 2015 à l'EPFL, Lausanne, Suisse	28-43
	CAS - HEPIA : cours «Revitalisation des cours d'eau»	CREALP, e-dric.ch	27 février 2015 à l'HEPIA, Genève, Suisse	20
Prévision et gestion opérationnelle des crues : le système MINERVE	Formation cantonale «Coordinateurs locaux en dangers naturels» - État du Valais (SRTCE)	CREALP	13 mai 2015, Casernes de Sion, Suisse	22

Groupe de travail stratégique « EAU-Valais »

Sur décision du Conseil d'Etat (CE), le CREALP intègre depuis avril 2015 le groupe de travail chargé de coordonner la mise en œuvre de la *stratégie EAU-VS* décidée en décembre 2013. Les missions attribuées à ce groupe sont les suivantes :

- coordonner la mise en œuvre du catalogue de mesures fixées par la stratégie ;
- proposer au CE un plan d'actions évolutif pour assurer une mise en œuvre coordonnée de la stratégie ;
- assurer la mise en œuvre dudit plan d'actions ;
- élaborer et présenter au CE un rapport annuel sur l'avancement de cette mise en œuvre.

Validation de données hydrométriques pour Grande Dixence SA

Suite à une demande conjointe de GD et du SEFH, le CREALP assure depuis 2009 la validation des mesures effectuées aux stations hydrométriques de Hohwäng et Cheilon. Ces dernières sont situées dans le grand collecteur de GD et mesurent les débits transitant de la région de

Zermatt vers le Val d'Hérens pour la première, et le débit entrant dans le barrage de la Grande Dixence pour la seconde. Outre les contrôles mensuels des mesures, le CREALP a également à sa charge une visite annuelle des installations. En 2015, cette visite a été réalisée en février depuis Arolla, tandis que la séance annuelle s'est tenue en octobre avec des représentants des mandataires. Cette démarche a son importance autant pour GD que pour le Canton du Valais puisque les quantités d'eau validées sont prises comme valeurs officielles pour le calcul des redevances hydrauliques et leur répartition entre les communes concédantes.

Expertises en modélisation hydrologique et hydraulique

Le CREALP propose ses services en matière de modélisation hydrologique et hydraulique pour des appuis ponctuels. En 2015, plusieurs bureaux d'études ont bénéficié d'un tel support pour la réalisation de modèles hydrologiques ayant pour but le calcul du potentiel hydroélectrique ou le dimensionnement d'ouvrages de protection.

Travaux de recherche

PROJET DE THÈSE

Le CREALP a participé à un jury de thèse à l'Université Polytechnique de Valence (Espagne) en décembre 2015 dans le programme doctoral en Ingénierie de l'Eau et Environnement.

Le projet de recherche évalué s'intitulait «*Méthodologie d'intégration de modèles d'aquifères dans des systèmes d'utilisation conjointe, grâce à une évaluation efficace des conditions de bord non linéaires présentes dans les relations rivière-aquifère*».

PROJET DE MASTER

Le CREALP collabore comme expert à des projets de Master à l'Université Polytechnique de Valence. En 2015, deux projets de Master ont été suivis. Le premier visait la modélisation hydrologique de la partie aval du bassin de l'Ebre en Espagne pour la gestion optimisée de l'eau. Le deuxième, portant sur la même thématique mais pour la partie amont du même bassin, est toujours en cours et devrait être finalisé en mars 2016.

PROJETS DE SEMESTRE

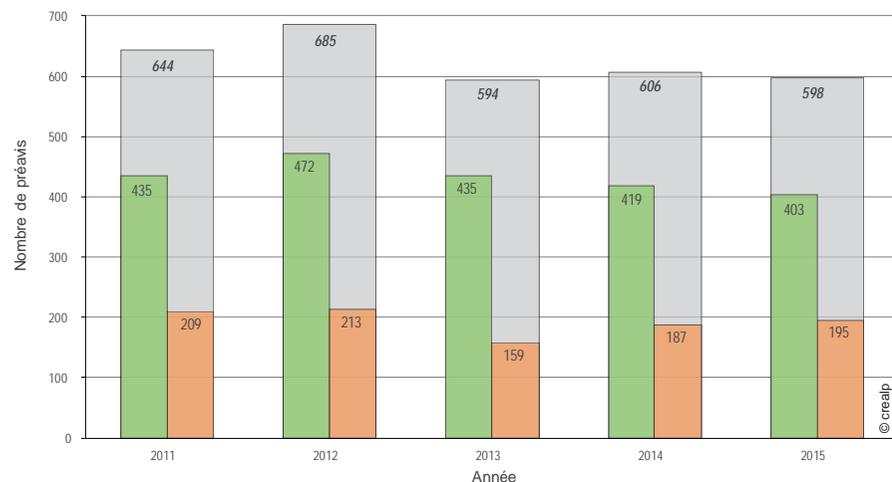
Le CREALP a proposé en 2015 deux projets de semestre dans le cadre du cours Design Project de la Section Science et Ingénierie de l'Environnement à l'EPFL. Les projets avaient pour titre «*Comparaison de deux méthodes empiriques et un modèle semi-distribué pour le calcul de crues*» et «*Spatialisation des précipitations pour l'amélioration de la simulation hydrologique en milieu alpin*». Le CREALP a également apporté son soutien pour la partie hydrologique de deux autres projets du même cours.

GD : Société hydroélectrique Grande Dixence SA

SEFH : Service de l'énergie et des forces hydrauliques, État du Valais

Gestion des préavis de construction en zones danger Rhône

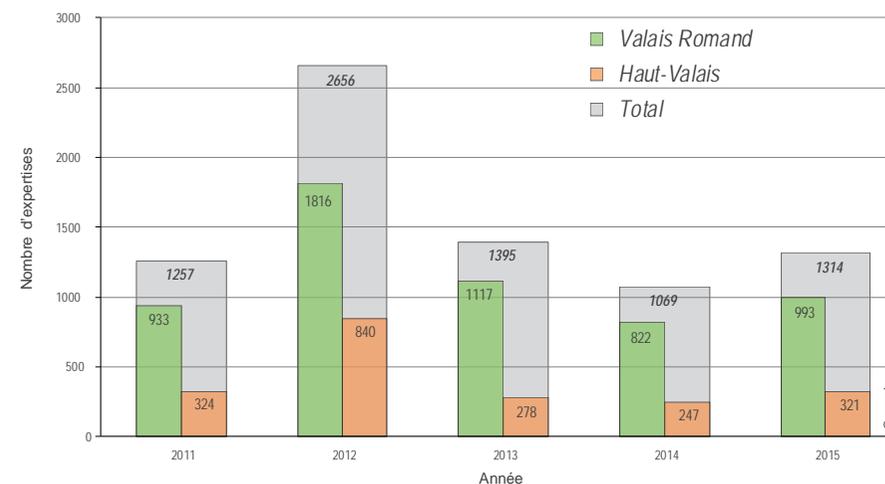
Le CREALP continue de gérer pour le compte de la section PCR du SRTCE de l'État du Valais les préavis relatifs aux demandes d'autorisation de construire dans les zones de danger d'inondation du Rhône. Les dossiers à préavis concernent principalement la construction ou transformation de bâtiments et d'infrastructures, mais également la mise en consultation de plans d'affectation de zones ou de cartes de danger. En volume, le nombre de dossiers traités reste relativement stable, env. 600 par année sur les 3 dernières années. En proportion, on observe sur la même période un léger tassement des demandes dans le Valais romand (-7%) au profit d'une nette augmentation dans le Haut-Valais (+23%).



Préavis «zones danger Rhône» – Répartition annuelle du nombre de dossier traités durant la période 2011-2015

Gestion des expertises sismiques

Afin de soulager la charge de la section H2G du SRTCE, le CREALP s'occupe depuis fin 2015 de dépouiller, vérifier, catégoriser et classer les expertises sismiques qui accompagnent les demandes d'autorisation de construire soumises au préavis du géologue cantonal. De plus, il contrôle si l'expertise prend en compte le contexte géologique et surtout la classe de sol sur laquelle est prévu le projet. Le graphique ci-après donne la variation annuelle du nombre de dossiers traités entre 2011 et 2015 et leur répartition entre la partie romande et celle germanique du canton.



Expertises sismiques – Répartition annuelle du nombre de dossier traités par le SRTCE-H2G durant la période 2011-2015

H2G : Section Hydrologie – Hydrogéologie – Géologie, SRTCE, État du Valais
 PCR : Section Protection contre les Crues du Rhône, SRTCE, État du Valais
 SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau, État du Valais

RECHERCHE APPLIQUÉE



Projets

SismoRiv : Mesure du charriage à l'aide de capteurs sismiques à bas coût

Assimilation de données en temps réel pour la modélisation hydrologique et la prévision des crues

Modélisation intégrée des ressources en eau: les risques futurs et les stratégies d'adaptation dans les Andes du Pérou

Cruex++ : Estimation des crues extrêmes en Suisse

SMOVER : Systèmes de surveillance des MOuvement de VErsants pour l'augmentation de la résilience des territoires

Conférences

Publications



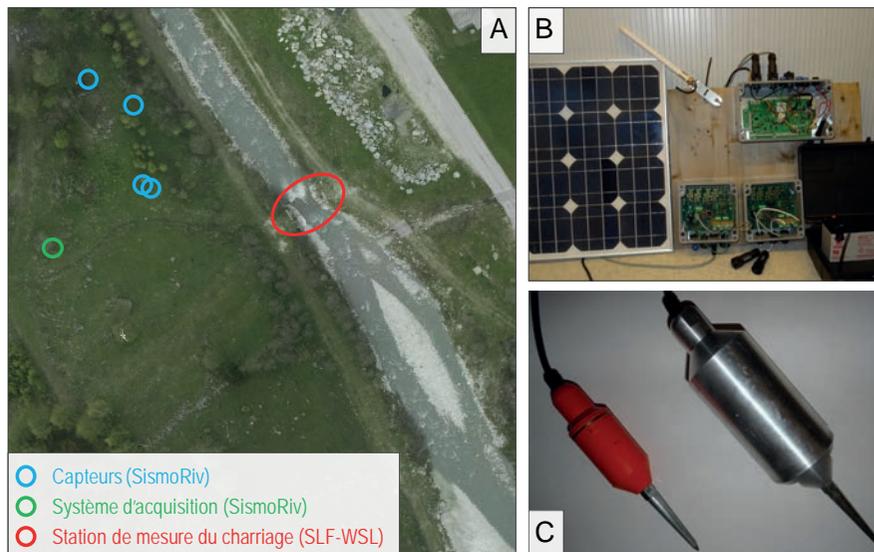
SismoRiv : Mesure du charriage à l'aide de capteurs sismiques à bas coût

PHASE 1 - SWISS PLATE GEOPHONES

La thématique du charriage est étudiée par le CREALP depuis 2009 au travers du **projet cantonal MatErosion** dont le but était d'aboutir à une meilleure compréhension des processus de production et de transport des sédiments issus des têtes de bassins dans les vallées latérales. Pour les besoins du projet, une station de mesure expérimentale basée sur une méthode d'écoute sismique utilisant la technique des *Swiss Plate Geophones* a été installée en partenariat avec le WSL, sur le site de Zinal (Val d'Anniviers). Bien qu'offrant de très bons résultats en matière de suivi quantitatif du transport sédimentaire, cette solution s'appuie sur un dispositif de mesure intrusif nécessitant des investissements lourds et coûteux pour sa mise en œuvre et limitant considérablement son déploiement à grande échelle.

PHASE 2 - CAPTEURS SISMIQUES

Basée également sur la mesure des vibrations émises par le transport des sédiments, l'approche proposée par le CREALP prévoit l'utilisation de capteurs sismiques à bas coûts installés à l'extérieur du lit de la rivière. S'appuyant sur les travaux de N. Burtin (2009) et F. Gimbert (2014), la mesure repose sur l'analyse des signaux basse fréquence générés par le charriage qui se caractérisent par une meilleure propagation dans les milieux alluviaux ainsi que par une énergie plus importante.



A : Implantation des solutions de mesure du charriage sur le site de Zinal

B : Système d'acquisition SismoRiv

C : Capteurs sismiques SismoRiv

Mené en partenariat avec l'Institut *Systèmes industriels* de la HES-SO Valais et l'intégrateur technique TETRAEDRE, le **projet SismoRiv** vise à développer une solution de mesure à bas coût permettant le monitoring en continu du charriage.

Le projet engagé mi-2015 bénéficie du soutien financier de l'OFEV qui, dans le cadre de son programme *Promotion des technologies environnementales* a alloué un subside de près de 50'000 CHF pour la réalisation d'une première étude de faisabilité. La section H2G du SRTCE de l'État du Valais appuie également financièrement le projet pour les développements techniques. Les travaux 2015 ont consisté dans le développement de la solution technique avec la production d'un premier prototype opérationnel et la réalisation

d'une première saison de mesure (été 2015). Les données récoltées sont en cours d'analyse.

RÉFÉRENCES

Burtin, A., Bollinger, L., Cattin, R., Vergne, J. and Nábělek, J. L., 2009. Spatiotemporal sequence of Himalayan debris flow from analysis of high-frequency seismic noise. *Journal of Geophysical Research* 114, F04009.

Gimbert, F., Tsai, V. C., and Lamb, M. P., 2014. A physical model for seismic noise generation by turbulent flow in rivers, *Journal of Geophysical Research and Earth Surface* 119, 2209–2238.

HES-SO : Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale
H2G : Section Hydrologie-Hydrogéologie-Géologie du SRTCE
OFEV : Office Fédéral de l'Environnement
SRTCE : Service des routes, transports et cours d'eau, État du Valais
WSL : Institut pour l'étude de la neige et des avalanches SLF



Assimilation de données en temps réel pour la modélisation hydrologique et la prévision des crues

Le système de prévision de crues du Canton du Valais (système MINERVE) est opérationnel depuis 2013. Afin d'en poursuivre le développement, le CREALP a initié en 2015 une thèse de doctorat, réalisée à l'EPFL. Le CREALP assurera son financement jusqu'en 2018. Le but du projet consiste à répondre à certains défis actuels du système MINERVE, notamment une meilleure distribution spatiale des précipitations, une révision du calage du modèle et l'intégration en temps réel des dernières observations dans le système de prévision.

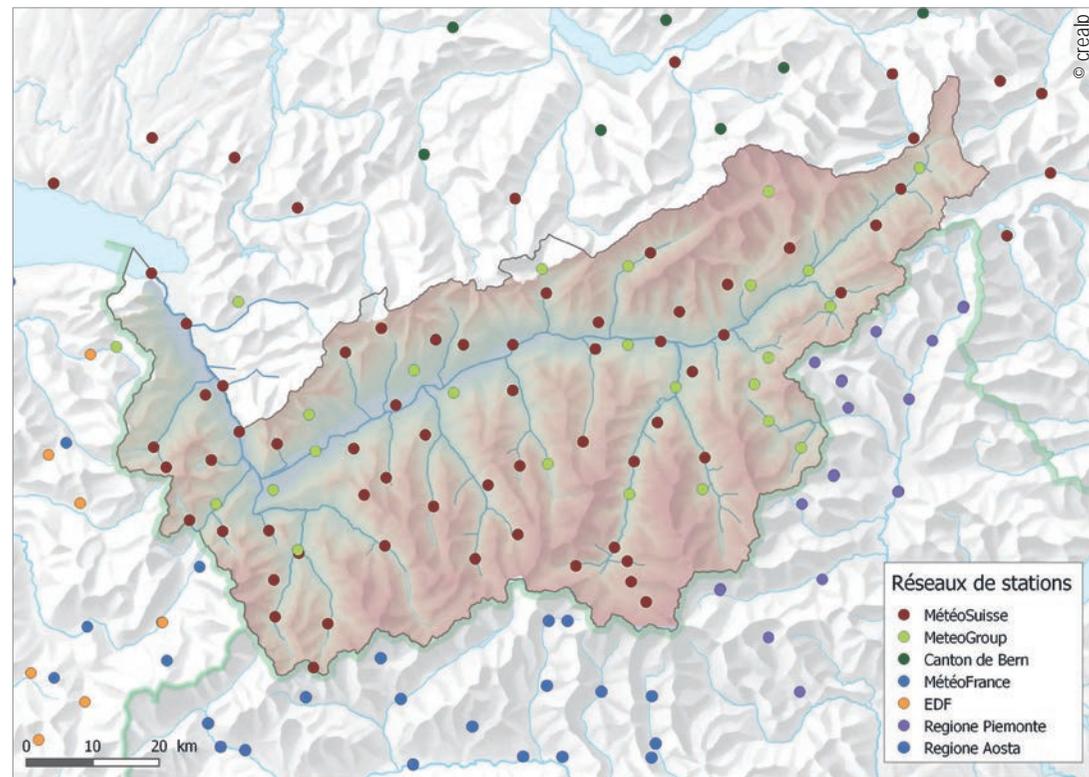
Durant la première année de la thèse, une revue de la littérature a été réalisée. Les méthodes de spatialisation de données ponctuelles de précipitations ont notamment été explorées. L'approche du krigeage a été retenue pour le développement d'une méthodologie de spatialisation. Celle-ci permettra de combiner les données des stations au sol avec des variables externes telles que les données de radars météorologiques ou des archives de prévisions numériques de la météo. De nouvelles données ont été acquises dans cette optique, autant sur le territoire cantonal que dans les régions limitrophes (CH, F, I).

La modélisation des processus de fonte de neige du modèle GSM-SOCONT, utilisé dans le système MINERVE, est basée sur le concept du

facteur degré-jour (FDJ), reliant le taux de fonte à la température. Une méthode de calage des FDJ variables spatialement sera développée, exploitant à la fois des données de hauteur de neige mesurées au sol et une estimation satellitaire (MODIS) de la couverture neigeuse. Une analyse comparative de ces produits est en cours pour mieux comprendre leurs caractéristiques et leur

corrélation. Dans un deuxième temps, un calage global basé sur les données de débit sera réalisé.

L'intégration des données les plus récentes (p. ex. mesures de débit ou de hauteur de neige) dans le système de prévision permettra d'améliorer les valeurs actuelles des variables d'état du modèle, utilisées comme conditions initiales pour le calcul de la prévision hydrologique.



Stations de mesures météorologiques disponibles pour le projet de recherche



Modélisation intégrée des ressources en eau: les risques futurs et les stratégies d'adaptation dans les Andes du Pérou

Au Pérou, les glaciers représentent une source d'eau essentielle pour les communautés andines. Cependant, les facteurs de stress climatique et anthropique modifient le régime hydrologique et augmentent la vulnérabilité des populations. D'une part, le retrait de nombreux glaciers provoque de graves conséquences pour l'alimentation en eau. D'autre part, la demande croissante en raison de l'expansion de l'agriculture et de la gestion de l'eau par les aménagements hydroélectriques liés à la croissance de la demande énergétique exerce des pressions et conflits supplémentaires sur l'or bleu.

Le projet de recherche mené par l'Université de Zurich, démarré en 2014 (et finissant en 2017), et auquel collabore le CREALP, vise à la modélisation intégrée de la ressource en eau en tenant

compte des aspects sociétaux. Le but est de proposer des stratégies d'adaptation aux changements climatiques adéquates pour la région andine. La méthodologie développée sera appliquée à 2 régions : le bassin versant de la rivière Santa (Cordillera Blanca, Ancash) et le bassin de la rivière Vilcanota (cordillère Vilcanota, Cusco). Les stratégies développées serviront à améliorer la compréhension des facteurs climatiques et socio-économiques, les fragilités institutionnelles et les données disponibles.

Actuellement, une grande partie des données climatiques et socio-économiques ont été obtenues et le modèle hydrologique est en cours d'élaboration.

Cruex++ : Estimation des crues extrêmes en Suisse

Le projet de recherche *Cruex++*, auquel collabore activement le CREALP, a démarré en 2012 au Laboratoire de Constructions Hydrauliques (LCH) de l'EPFL et s'achèvera en 2016. Financé par l'OFEN, il est orienté vers la pré-détermination de crues extrêmes pour améliorer la sécurité des barrages implantés dans le contexte géographique suisse. Le projet a été initié dans le but de développer une méthodologie de type PMP-PMF (Probable Maximum Precipitation-Probable Maximum Flood) capable d'intégrer les particularités hydrologiques du milieu alpin, où les effets orographiques ont un impact déterminant sur les conditions météorologiques.

Actuellement, le projet développe la méthodologie finale combinant calculs statistiques et modélisation hydrologique semi-distribuée pour améliorer l'estimation générale des crues extrêmes selon la taille du bassin versant.

EPFL : École Polytechnique Fédérale de Lausanne

OFEN : Office Fédéral de l'Énergie



SMOVER : Systèmes de surveillance des MOuvement de Versants pour l'augmentation de la résilience des territoires

Près de 15% du territoire des Alpes occidentales sont affectés par des mouvements de terrain de différents types (glissements de terrain, chutes de pierres/blocs, éboulements rocheux, laves torrentielles) générant des dommages estimés entre 300 et 450 millions d'euros par an. Outre la menace pour les populations, les conséquences de ces phénomènes sur les activités humaines et les infrastructures de communication (réseaux routiers et ferroviaires) peuvent dans certaines circonstances s'avérer critiques. Ceci particulièrement en région de montagne, où l'interruption - même temporaire - d'un axe de communication peut être fortement dommageable pour la mobilité des biens et des personnes et avoir des répercussions économiques et touristiques préjudiciables. À terme, c'est l'attractivité même des territoires, dont les accès sont exposés de manière plus ou moins récurrente à ces phénomènes, qui peut être durablement affectée. Ces conséquences peuvent s'étendre aux régions transfrontalières lorsque des axes stratégiques sont touchés, notamment en périodes de forte fréquentation saisonnière.

C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet SMOVER qui vise à améliorer la gestion des risques liés aux mouvements de terrain dans les régions alpines via la consolidation des

techniques existantes et/ou le développement de méthodes innovantes en matière de surveillance.

S'inscrivant dans le cadre de l'appel à projet du nouveau *programme de coopération transfrontalière INTERREG V-A ALCOTRA 2014-2020*, il fait suite à différents autres projets INTERREG (projets RiskYdrogeo 2003-2006, MASSA 2007-2013) en lien avec la problématique de gestion des risques géologiques en régions alpines et auxquels le CREALP était déjà associé.

Basé sur une coopération France-Italie-Suisse, le projet réunit 6 partenaires : trois partenaires opérationnels : la région Piémont (I), le CEREMA et le CREALP, deux laboratoires universitaires (ISterre et le Politecnico di Torino, I) et l'Association pour le Développement des Recherches sur les Glissements de Terrain (ADRGT). Les objectifs opérationnels du projet consistent à :

- Échanger les expériences en matière scientifique et technique ;
- Confronter les pratiques mises en œuvre sur les territoires des partenaires et dans des contextes différenciés ;
- Évaluer le potentiel de techniques de mesures et/ou outils d'analyse innovants développés par les partenaires du projet et tester leur applicabilité (p. ex. sismique passive = mesure du bruit sismique) ;

- Renforcer les collaborations et la mise en réseau via la création d'un groupe de compétence ;
- Assurer la diffusion des savoirs et des savoir-faire.

L'année 2015 a été dédiée au montage du dossier de candidature. En cas d'acceptation par l'autorité de gestion ALCOTRA, le projet pourrait démarrer mi-2016.

ALCOTRA : Alpes Latines COopération TRAnsfrontalière, Programme de coopération transfrontalière Italie-France

RiskYdrogeo : Projet Interreg III A - Risques hydro-géologiques en montagne : parades et surveillance

MASSA : Medium And Small Size rockfall hazard Assessment, projet réalisé sous l'égide de RiskNat

RiskNat : Projet stratégique Interreg IV - Gestion en sécurité des territoires de montagne transfrontaliers

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement la mobilité et l'aménagement, France

ISterre : Institut des Sciences de la Terre, Université Joseph Fourier de Grenoble, France

ADRGT : Association pour le Développement des Recherches sur les Glissements de Terrain, France

CONFÉRENCE	THÉMATIQUES	PRÉSENTATIONS	POSTERS
15° congrès de sédimentologie - ASF2015 Association des Sédimentologiste Français Chambéry, 13-15 Octobre 2015	Sédimentologie et transport solide	X	X
COP21 - Conference of the Parties, UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change Paris, 8 décembre 2015	Science for decision making: reducing impacts of Climate Change on water resources and glaciers	X	



Présentation du projet Glaciers+ à la COP21 - Beyond risk management, looking at the opportunities, Javier Fluxá Sanmartín



ARTICLES

Astorayme Valenzuela, M. A., García Hernández, J., Suarez, W., Felipe, O., Huggel, C. and Molina, W., 2015. Hydrological modeling with a semi-distributed approach in the Chillón River Basin, Peru. *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA* 4, 109-124.

Momblanch, A., Paredes-Arquiola, J., González, A., Andreu, J., Ramos Fernández, L., Baldeón Quispe, W. y García Hernández, J., 2015. Análisis de medidas para la mejora de la calidad del agua en el tramo bajo del río Lurín (Perú). IV Jornadas de Ingeniería del Agua, Córdoba (España). En M. F. Moreno Pérez y J. Roldán Cañas (Eds.), B29, 487-496, ISBN: 978-84-608-3043-6.

Travaglini, E., Bardou, E., Ancy, C., Bohorquez, P., 2015. Analysis of sediment transport from recorded signals of sediments in a gravel-bed river: role of sediment availability. *Engineering Geology for Society and Territory* 3, 477-481, doi:10.1007/978-3-319-09054-2_98.

Zeimetz, F., García Hernández, J., and Schleiss, A. J., 2015. Extreme flood estimations on a small alpine catchment in Switzerland, the case study of Limmerboden. *Proc. IAHS*, 370, 147-152, IUGG, Prague, Czech Republic, doi:10.5194/piahs-370-147-2015.

Zeimetz, F., Receanu, R., Schleiss, A. J. and García Hernández, J., 2015. Extreme flood

assessment in Swiss alpine environment. 25th International Congress on Large Dams, ICOLD, Stavanger, Norway, 350-365.

MANUELS

Foehn, A., García Hernández, J., Claude, A., Roquier, B. and Paredes Arquiola, J., 2015. RS MINERVE – User's manual v2.1. RS MINERVE Group, Sion, Switzerland.

García Hernández, J., Paredes Arquiola, J., Foehn, A. and Roquier, B., 2015. RS MINERVE – Technical manual v2.1. RS MINERVE Group, Sion, Switzerland.

RÉSUMÉS DE CONFÉRENCES

Bardou, E., and Travaglini, E., 2015. Rivières et flux sédimentaires dans les Alpes : adaptation de l'échelle spatiotemporelle d'analyse basée sur l'exemple de la Navisence, sud-ouest des Alpes suisses. 15^e Congrès Français de Sédimentologie, Association des sédimentologues français, Livre des résumés ASF2015, Chambéry, France, p. 54.

Drenkhan, F., Huggel, C., Seidel, J., Rohrer, M., Montoya, N., García, J., Schauwecker, S. and Salzmann, N., 2015. Integrative assessment of multiple drivers of water resources changes in the Andes of Peru. International Conference Perth III: Mountains of Our Future Earth. Perth, Scotland.

Travaglini, E. and Bardou, E., 2015. Dynamique sédimentaires et échelle temporelle : Observations de 4 bassins versants des alpes suisses. 15^e Congrès Français de Sédimentologie, Association des sédimentologues français, Livre des résumés ASF2015, Chambéry, France, p. 402.

Travaglini, E., and Bardou, E., 2015. Ajustements morphologiques des cours d'eau de montagne : Implication pour la gestion de mesures récentes effectuées dans les Alpes suisses. 15^e Congrès Français de Sédimentologie, Association des sédimentologues français, Livre des résumés ASF2015, Chambéry, France, p. 403.

PARTENARIATS



PROJETS	PARTENAIRES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES	PARTENAIRES FINANCIERS
MINERVE	Canton du Valais, OFEV – Division Hydrologie, Météosuisse Genève	DTEE-SRTCE-PCR
Cruex ++	EPFL-LCH, e-dric.ch, Hertig & Lador	OFEN
SismoRiv	HES-SO Valais-Institut Systèmes Industriels, TERTRAEDRE, Geo2X	OFEV, DTEE-SRTCE-H2G, CREALP
Assimilation de données pour la modélisation hydrologique	EPFL-LCH, UPV, HydroCosmos, MétéoSuisse, Canton du Valais	CREALP
Projet OFEV-CC	OFEV-Division Prévention des dangers DTEE-SRTCE-H2G/SFP, Geoval SA, DCM-consulting	OFEV DTEE-SRTCE/SFP
Projet Réchy (STRADA 2015)	DTEE-SPE, UNINE-CHYN, ALPGEO Sàrl	DTEE-SPE, UNINE-CHYN, CREALP
GeoQUAT	SGN-swisstopo	SGN-swisstopo
SMOVER	Politecnico di Torino – Regione Piemonte, Université Joseph Fourier de Grenoble-ISTerre, CEREMA, ADRGT	DTEE-SRTCE-H2G, CREALP
Glacier 513	UZH, EPFL-LCH, CARE Peru, MeteoDat	DDC
Glaciers +	UZH, EPFL-LCH, CARE Peru, MeteoDat	DDC
Gestion de l'eau et changement climatique - Chine	Ernst Basler + Partner, e-dric.ch, Geotest	DDC
Qualité de l'eau - Pérou	UPV, UNALM	UPV

cf. page 55 pour la signification des abréviations

ORGANISATION



Le CREALP

Le CREALP est une fondation de droit privé à but non lucratif (art. 80 et suivants du Code Civil suisse) créée en 1968 par l'Etat du Valais et la Commune de Sion. Elle s'appuie sur deux entités: i) un Conseil de fondation qui oriente les axes de recherche et approuve le rapport d'activité, et ii) un Comité directeur qui supervise administrativement et financièrement le directeur du Centre et veille à ce que les objectifs fixés soient atteints. Le Conseil de fondation regroupe des représentants du Canton du Valais, de la Ville de Sion, de la Confédération, des Hautes écoles, et des praticiens directement impliqués dans les domaines de prédilection du CREALP.

Organe de contrôle

SCF Révision SA

cf. page 55 pour la signification des abréviations

Le Conseil de fondation

PRÉSIDENT

Jacques MELLY – Conseiller d'État, Chef du DTEE

VICE-PRÉSIDENT

*Raymond BUFFET – Directeur des Finances, esr SA

PRÉSIDENT DU COMITÉ DIRECTEUR

Jean-Daniel ROUILLER – Initiateur

MEMBRES

*Tony ARBORINO – Chef section PCR, SRTCE

Laurence CASAYS – Avocate, Conseillère municipale, Sion

*Olivier GUEx – Chef Service SFP, DTEE

*Michel JABOYEDOFF – Prof. ISTE, UNIL

Georges JOLIAT – Ingénieur HES, Chef de service Ville de Sion

Olivier LATELTIN – Directeur du SGN, Swisstopo

Henri MASSON – Prof. Honoraire, UNIL

Marcel MAURER – Président de la Ville de Sion

Raphaël MAYORAZ – Géologue cantonal, Chef section H2G, SRTCE

Xavier MITTAZ – Ingénieur EPF, Directeur adjoint & Spécialiste en Génie parasismique, SD Ingénierie Dénériaz et Pralong Sion SA

Nicolas MOREN – Chef SSCM, DFS

Gaspard NADIG – Juriste

Vincent PELLISSIER, Ingénieur & Economiste, Conseiller municipal, Sion

Jean-Christophe PUTALLAZ – Ingénieur EPF, Adjoint chef du SRTCE

*Pascal TISSIÈRES – Ingénieur EPF, Bureau d'ingénieurs et géologues Tissières SA

*Frédéric ZUBER – Hydrogéologue, DEET

* membres du Comité directeur

DIRECTION ET ADMINISTRATION	FONCTION & TAUX D'ACTIVITÉ	THÈME
Javier GARCÍA HERNÁNDEZ <i>Dr. ès Sciences - EPFL</i> <i>Diplôme d'Ingénieur civil - UPV</i>	Directeur - 50% Expert en Hydrologie et Hydraulique - 50%	Crues, Eau, Expertises, Formation
Pascal ORNSTEIN <i>DESS en Informatique - UJF</i> <i>DEA en Hydrogéologie - UJF</i>	Directeur Adjoint - 40% Expert en Hydrogéologie et Géo-informatique - 60%	Sous-Sol, Eau, Portails, Cartes & SIG, Expertises, Formation
Marie-Hélène MAÎTRE <i>Licences ès Lettres en Géographie,</i> <i>Anglais et Géologie - UNIL</i>	Assistante de Direction 80%	-
COLLABORATRICES ET COLLABORATEURS SCIENTIFIQUES		
Samuel ALESINA <i>MSc en Ingénierie de l'Environnement - EPFL</i>	Spécialiste Hydrologie 100%	Crues, Formation
Alix BELO* <i>MSc en Géologie - UNIGE</i>	Collaboratrice Géologie appliquée 100%	Sous-sol
Jean-Yves DÉLÈZE <i>Diplôme de Géologue - UNIL</i>	Expert Géo-informatique 50%	Instabilités de terrain, Portails
Alain FOEHN <i>MSc en Ingénierie de l'Environnement - EPFL</i>	Spécialiste Hydrologie 100%	Crues, Formation
Auréli FOLLONIER <i>MSc d'Ingénieur géologue - UNIL</i>	Responsable SIRS - Dangers géologiques 100%	Instabilités de terrain, Sous-sol, Cartes & SIG
Javier FLUIXÁ SANMARTÍN <i>MSc en Hydraulique et Environnement - UPV</i> <i>Diplôme d'Ingénieur civil - UPV</i>	Spécialiste Hydrologie et Hydraulique 100%	Crues, eau, Formation
Jérémy GLASSEY <i>MSc en Géologie - UNIL</i>	Collaborateur Géologie appliquée 50%	Sous-sol

COLLABORATRICES ET COLLABORATEURS SCIENTIFIQUES	FONCTION & TAUX D'ACTIVITÉ	THÈME
Danai KAZANTZIDOU-FIRTINIDOU* <i>MSc Ing. Génie civil - Uni TN Athènes</i> <i>Rose School - Earthquake Eng. Prog., Pavie, Italie</i>	Spécialiste Génie parasismique 100%	Séismes
Roland MAGE <i>Diplôme d'Ingénieur géologue - UNIGE</i>	Expert Géothermie et Sites pollués 80%	Sous-sol, Énergie, Séismes
Stéphane MICHELOUD <i>Dr. ès Sciences - EPFL</i> <i>Diplôme d'Ingénieur en informatique - ETHZ</i>	Responsable IT Pôle GestCrues 100%	Crues, Logiciels, Portails
Pascal MORARD <i>Diplôme de Géologue - UNIFR</i>	Spécialiste Hydrogéologie 60%	Sous-sol
Barnabé PACHE <i>BSc en Informatique - HES-SO Sierre</i>	Spécialiste IT 100%	Portails, Logiciels
Eric TRAVAGLINI <i>MSc pro EPGM - Equipement, Protection</i> <i>et Gestion des Milieux de Montagne - USMB</i>	Spécialiste Hydrométrie et Hydrologie 100%	Crues, Eau
Chloé VEUTHEY <i>MSc en Géographie - UNIBE</i>	Responsable SIRS - Dangers hydrologiques 100%	Crues, Cartes & SIG
Caroline WILHEM <i>Dr. ès Géosciences et Environnement - UNIL</i> <i>MSc en Géologie - UNIL</i>	Responsable Communication scientifique 80%	Sous-sol, Cartes & SIG
COLLABORATEURS TEMPORAIRES	FONCTION	THÈME
Matthew MOY DE VITRY <i>MSc in Energy and Technology - ETHZ</i>	Collaborateur Géo-informatique	Portails
Thierry NENDAZ <i>MSc en Géographie - UNIL</i>	Civiliste - Collaborateur Géologie appliquée	Sous-Sol

cf. page 55 pour la signification des abréviations

COLLABORATEURS ET COLLABORATRICES AFFECTÉS À DES PRESTATIONS DE SERVICE**FONCTION****Matthias KUNZ****MSc en Ingénierie de l'Environnement - EPFL*

Collaborateur scientifique

Célestine CARLIOZ**MSc en Ingénierie et Gestion de l'Environnement - Mines, Paris*

Collaboratrice scientifique

Neil Jefferson REMY**CFC de Commerce*

Collaborateur administratif

Lise BOULICAULT**MSc en Géologie - UNIGE*

Collaboratrice scientifique

COLLABORATEURS EXTERNES**Dr. Mario SARTORI**

Expert en Cartographie géologique et Géologie structurale

Grégoire GRICHTING

Opérateur de terrain

BSc : Bachelor of Science

CFC : Certificat Fédéral de Capacité

DEA : Diplôme d'Étude Approfondies

DESS : Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées

MSc : Master of Science

*ont quitté courant 2015

Canton du Valais

DEET : Département de l'Économie et du Territoire
DFS : Département de la Formation et de la Sécurité
DTEE : Département des Transports, de l'Équipement et de l'Environnement
H2G : Section Hydrologie, Hydrogéologie et Géologie du SRTCE
PCR : Section Protection contre les crues du Rhône du SRTCE
SFP : Service des Forêts et du Paysage du DTEE
SPE : Service de la Protection de l'Environnement du DTEE
SRTCE : Service des Routes, Transports et Cours d'Eau du DTEE
SSCM : Service de la Sécurité Civile et Militaire du DFS

Confédération suisse

DDC : Direction du Développement et de la Coopération
OFEN : Office Fédéral de l'Énergie
OFEV : Office Fédéral de l'Environnement
SGN : Service Géologique National
swisstopo : Office fédéral de topographie

Institutions académiques

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse
EPFL-LCH : Laboratoire de Constructions Hydrauliques de l'EPFL
ETHZ : Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Suisse
HES-SO : Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale
HUA : Harokopio University of Athens, Greece
UJF : Université Joseph Fourier de Grenoble, France
UNIBE : Bern Universität, Suisse
UNIFR : Université de Fribourg, Suisse
UNIGE : Université de Genève, Suisse
UniGenova : Università degli studi di Genova, Italia
UniGenova-DICCA : Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale
UNIL : Université de Lausanne, Suisse
UNALM : Universidad Nacional Agraria La Molina, Pérou
UNINE : Université de Neuchâtel, Suisse
UNINE-CHYN : Centre d'Hydrologie et de Géothermie
UPV : Universitat Politècnica de València, Espagne
USMB : Université Savoie-Mont-Blanc, France
UZH : Université de Zurich, Suisse

REMERCIEMENTS



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

Sion, le 11 mars 2016

Jacques Melly

Président du Gouvernement valaisan

Président du Conseil de Fondation

The logo for CREALP, featuring the word "crealp" in a lowercase, sans-serif font. Below the text is a stylized graphic element consisting of several parallel, slightly curved lines that suggest a road or a path.