

RAPPORT D'ACTIVITÉ 2019



crealp
///

Centre de recherche sur l'environnement alpin
Zentrum für alpine Umweltforschung
Research center on alpine environment

LE CREALP

Mission

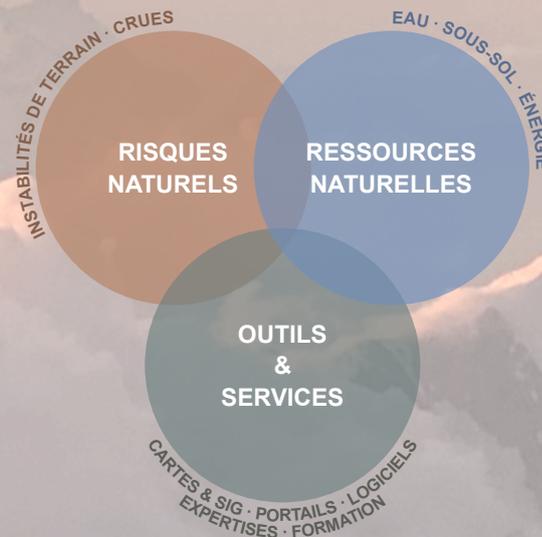
Le CREALP - Centre de recherche sur l'environnement alpin - mène des projets de recherche appliquée dans le domaine des géosciences orientés principalement vers les problématiques de surveillance environnementale et de risques naturels, ainsi que dans la mise en valeur des ressources naturelles. Depuis plus d'une vingtaine d'années, le CREALP est étroitement engagé auprès du Canton du Valais pour fournir un appui scientifique et technique ainsi que son expertise dans ces différents domaines d'activités. Il constitue une structure relais entre le monde académique, la pratique, les structures institutionnelles cantonales et fédérales et d'autres organismes à but non-lucratifs. Le centre organise également des formations pour les praticiens et les étudiants.

Organisation

Son fonctionnement est régi par deux structures complémentaires :

Un Conseil de Fondation qui fixe les objectifs stratégiques et supervise la gestion du Centre. Il se compose notamment de représentants du Canton du Valais, de la Ville de Sion, de la Confédération et des Hautes écoles suisses.

Un Groupe d'Appui technoscientifique regroupant des experts de divers milieux (pratique, académique, coopération et développement, etc.) qui oriente les axes de recherche et de développement et formule des propositions pour renforcer les activités et compétences du CREALP.



Collaboratrices et collaborateurs scientifiques

Éric BARDOU

Expert en risques naturels

Tristan BRAUCHLI

Spécialiste en hydrologie de montagne

Marie CLAUSEN-LUYET

Collaboratrice scientifique en hydrogéologie

Benjamin DELFINO

Collaborateur scientifique en hydrogéologie

Dany DJEDOVIC

Analyste programmeur junior

Stéphane DONNET

Analyste programmeur junior

Javier FLUIXÁ SANMARTÍN

Spécialiste en hydrologie et hydraulique

Alain FOEHN

Spécialiste en hydrologie

Auréli FOLLONIER

Responsable SIRS - dangers géologiques

Gilles MARCHAND

Analyste programmeur senior

Ivann MILENKOVIC

Spécialiste en hydrogéologie

Pascal MORARD

Spécialiste en hydrogéologie

Thierry NENDAZ

Collaborateur scientifique en hydrogéologie

Bastien ROQUIER

Expert hydro-informatique

Romain SONNEY

Expert en hydrogéologie

Éric TRAVAGLINI

Spécialiste en hydrométrie et hydrologie

Collaborateurs externes, civilistes et stagiaires

Sébastien CARRUZZO

Spécialiste en hydrogéologie

Grégoire GRICHTING

Opérateur de terrain

Davide MANCINI

Civiliste de courte durée

Dr. Mario SARTORI

Expert en cartographie géologique et géologie structurale

LE CREALP

Direction et administration

Javier GARCÍA HERNÁNDEZ

Directeur

Pascal ORNSTEIN

Directeur adjoint

Sabiré ILJAZI

Assistante de direction

Conseil de fondation

Raphaël MARCLAY

Président

Raymond BUFFET

Vice-président

François Joseph BAILLIFARD

Davide BERTOLO

Gregorio BONADIO

Reynald DELALOYE

Jérôme DUBOIS

Georges JOLIAT

Olivier LATELTIN

Jean-Daniel ROUILLER

Florian WIDMER

Groupe d'appui technoscientifique

François Joseph BAILLIFARD

Président

Tony ARBORINO

Ulrich BURCHARD

Pierre CHRISTE

Olivier LUYET

Raphaël MAYORAZ

Xavier MITTAZ

Ali NEUMANN

Jean-Christophe PUTALLAZ

Frédéric ZUBER

Organe de contrôle

PKF Fiduciaire SA

Sommaire

RISQUES NATURELS	8	OUTILS ET SERVICES.....	26
Prévision et gestion des crues	10	Surveillance des dangers naturels	28
Mesure des sédiments de rivière.....	11	Surveillance des eaux souterraines.....	29
Fonte du permafrost.....	12	Modélisation hydrologique et hydraulique.....	30
RESSOURCES NATURELLES	14	Expertises en hydrologie et hydraulique.....	31
Gestion transfrontalière des ressources en eau	16	Hydrologie de la Navisence.....	32
Eau et changement climatique en Valais	17	Formations.....	33
Hydrologie nivale	18	COMMUNICATION	34
Qualité des eaux souterraines	19	Conférences et séminaires.....	36
Utilisation du territoire souterrain.....	20	Publications	37
Eaux souterraines et sous-sol	21	Cycle d'expositions sur l'eau	38
INTERNATIONAL	22	Participation à la Journée de l'Eau.....	38
Cartographie du danger d'inondation (Cameroun)	24	BUDGET ET FINANCES.....	40
Formation en hydrologie (Equateur).....	25	Partenariats.....	42
Gestion intégrée des ressources en eau (Colombie)	25	Abréviations	43
		Remerciements	44
		Impressum.....	45

Le mot du Président du Conseil de fondation

Plus de 50 ans après sa fondation, le CREALP n'a pas failli dans sa mission au service de la collectivité.

Dans un canton particulièrement exposé aux dangers naturels (géologiques, hydrologiques, sismiques) ainsi qu'aux effets attendus du réchauffement climatique, la légitimité des activités du CREALP est reconnue par les acteurs scientifiques et techniques.

En collaboration avec les sociétés de distribution d'énergie, les communes, le Canton et la Confédération, le CREALP s'engage résolument en faveur de la transition énergétique 2050, en particulier au travers d'études visant la valorisation du potentiel géothermique de moyenne profondeur de la vallée du Rhône.

La gestion quantitative et qualitative de la ressource en eau reste également un domaine d'expertise reconnu de notre Centre.

Le CREALP fonctionne comme un catalyseur de connaissances scientifiques et appliquées. Etudiants, doctorants, ingénieurs, spécialistes s'y côtoient en effet depuis 50 ans, permettant ainsi d'accroître continuellement son expertise et d'asseoir la notoriété nationale et internationale du CREALP.

Le Valais vit actuellement une émulation scientifique inédite, concrétisée par la création du Campus Energypolis, à laquelle

notre Centre de recherche participe également. Le CREALP souhaite intensifier les liens, les synergies et les échanges avec ses proches voisins de l'EPFL et de la HES-SO Valais/Wallis.

Après plus de 5 ans à la tête du CREALP, notre Directeur, Javier García Hernández, a choisi de relever un nouveau défi professionnel. Il laissera la marque d'un Directeur compétent, dynamique et enthousiaste, à l'écoute de ses collègues, des membres du Conseil de Fondation et des différents partenaires scientifiques et techniques.

Son successeur, M. Antonio Abellán a repris depuis le 1^{er} avril 2020 les rennes du CREALP. Au bénéfice d'une riche expérience internationale dans les domaines de la recherche environnementale appliquée, de la surveillance et la gestion des risques naturels, le profil de M. Abellán correspond parfaitement aux missions et à l'orientation désirée du CREALP.

Raphaël Marclay

Président du Conseil de Fondation

Sion, le 28 mai 2020

Le mot du Directeur

Le CREALP est resté, durant ses 50 ans d'existence, un centre de compétences multidisciplinaire renommé dans les domaines des risques naturels et de la gestion des ressources naturelles.

Différents projets phares du Canton du Valais portent notre signature, dont Guardaval, MINERVE ou encore la surveillance opérationnelle de la nappe phréatique du Rhône. Cette dernière décennie, le CREALP a élargi ses horizons notamment avec la réalisation de projets à l'international, ainsi qu'à travers son engagement envers la recherche appliquée.

Après 9 ans d'investissement dont 4 ans à la direction de la Fondation, il est temps pour moi de passer le relais. M. Antonio Abellán, chercheur reconnu dans la thématique des instabilités de terrain continuera, j'en suis sûr, à faire croître le CREALP

grâce à son bagage professionnel en consolidant notamment le domaine de la recherche.

Il ne faut évidemment pas oublier que le travail accompli n'aurait pu se faire sans un groupe multidisciplinaire d'experts dédiés et passionnés dont je suis fier d'avoir fait partie et auquel je tiens à adresser mes sincères remerciements pour tous les moments partagés.

Javier García Hernández

Directeur

Sion, le 28 mai 2020



L'enjeu de la gestion des risques naturels est de prévenir et limiter les dégâts aux biens et aux personnes occasionnés par les phénomènes naturels. La réduction du risque est directement dépendante de la connaissance des aléas (études et recherches) et de leur cartographie (cartes de dangers).

A partir de ces connaissances, des mesures de prévention peuvent être mises en œuvre telles que la création d'ouvrages de protection, des actions de surveillance locales (monitoring), des outils de prévision des processus couplés à des systèmes d'alerte et/ou à la mise en place de plans d'alarme et d'intervention ou encore des mesures d'aménagement du territoire.

A travers les projets de recherche et les mandats de prestations réalisés ces dernières années, le CREALP œuvre à une meilleure compréhension et gestion des risques naturels en Suisse et à l'étranger.

RISQUES NATURELS

Prévision et gestion des crues

Projet: Surveillance hydrométéorologique cantonale

Période : 2011 - en cours

Porteur du projet : Canton du Valais

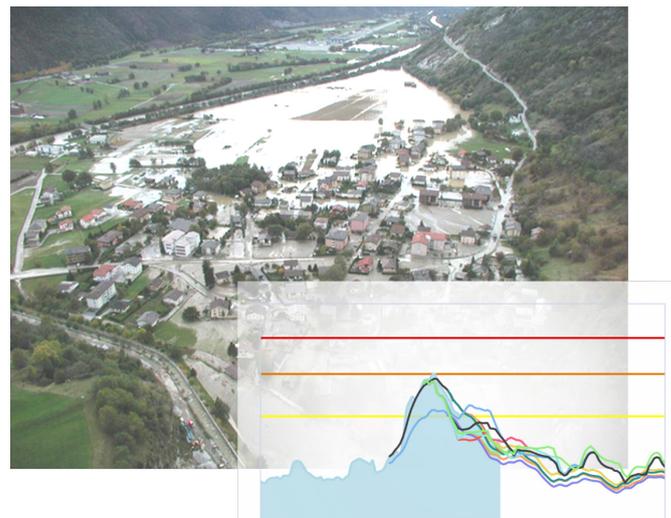
Le Valais est une région fortement exposée aux risques de crue, comme le témoignent les événements survenus en 1987, 1993 et 2000. Pour garantir la protection de la population, le Canton s'est doté en 2011 du système MINERVE qui assure la surveillance des crues du Rhône.

Ce système mis en place et maintenu par le CREALP se compose d'un système dédié au calcul des prévisions de débits et d'un groupe d'experts en hydrologie en charge d'assurer une veille hydrométéorologique et de fournir, en cas de situation de crues, un appui aux organes cantonaux de gestion de crise.

En 2019, le système MINERVE a connu plusieurs développements qui s'inscrivent dans une volonté d'amélioration continue des prévisions. Parmi ces développements, notons en particulier la thèse de doctorat débutée par Alain Foehn à l'EPFL en 2015 qui s'est achevée avec succès en 2019. Les résultats permettent une meilleure estimation des précipitations sur le Valais, ainsi qu'une amélioration de la performance des prévisions hydrologiques. Par ailleurs, les calculs qui servent de base au système ont été optimisés et permettront d'inclure plusieurs processus simultanés, ce qui augmentera la qualité des prévisions.

Par ailleurs, les données hydrométéorologiques et les prévisions

du système MINERVE ont été intégrées au nouveau portail GUARDAVAL afin de fournir une plateforme centralisée pour la surveillance des risques de crues, des laves torrentielles et des instabilités de terrain. Déployée en 2020, cette plateforme deviendra le nouvel outil pour les opérateurs du CREALP impliqués dans la veille hydrométéorologique cantonale.



Crues d'octobre 2000 en Valais

Mesure des sédiments de rivière

Projet : Mesure de charriage par écoute sismique (SismoRiv)

Période : 2019 - 2022

Porteur du projet : OFEV / Canton du Valais

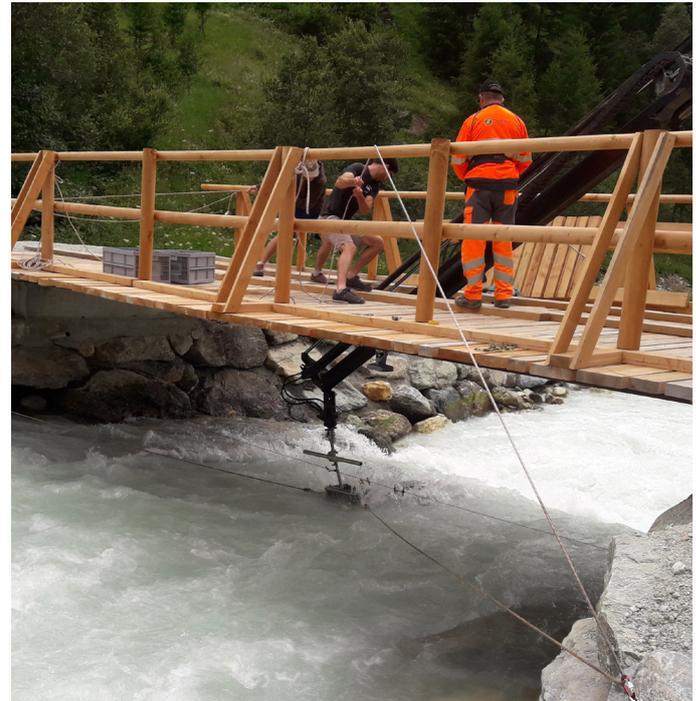
En milieu alpin, le transport de sédiments par les rivières définit les équilibres morphologiques des vallées en alternant zones de dépôts et zones d'érosion. Une meilleure connaissance du phénomène permet de faciliter l'aménagement du territoire, et de diminuer le risque lié aux crues soudaines et dévastatrices. Pour ce faire, il est important de disposer d'outils de mesure permettant d'évaluer le flux de sédiments réel transitant dans les rivières.

Le projet SismoRiv a pour but de développer une solution de mesure de charriage à bas coût. Le projet consiste au déploiement du système de mesure :

Sur le site de Zinal, en parallèle d'un système d'acquisition sismique en continu, permettant de tester son efficacité.

Dans la plaine alluviale du Rhône à Reckingen afin d'appliquer la solution de mesure dans un environnement exempt de toutes mesures qui permet d'étudier la dynamique sédimentaire.

En 2020, il est prévu d'installer trois systèmes SismoRiv supplémentaires permettant de mesurer le régime hydro-sédimentaire naturel ainsi que l'impact des ouvrages hydroélectriques.



Mesure de charriage sur la Navisence

Fonte du permafrost

Projet : Monitoring des Instabilités en Haute Montagne (MIHM)

Période : 2018 - 2019

Porteur du projet : OFEV / Canton du Valais

Le projet MIHM a pour objectif de fournir des outils d'aide à la décision pour une meilleure gestion des dangers d'instabilité de terrain liés à la dégradation du permafrost en régions de haute montagne. Les travaux réalisés en 2019 ont permis des avancées sur trois axes de recherche.

Consolidation des indicateurs météorologiques : la mise à disposition des données de monitoring vis à vis de seuils normés afin de permettre aux gestionnaires des risques une prise de décision facilitée. Le travail, ici a porté avant tout sur les précipitations liquides et sur la prise en compte de la fonte des neiges.

Implémentation de données d'observation satellitaire : ce volet doit permettre d'investiguer le potentiel d'utilisation des données InSAR (Interférométrie Radar) pour le monitoring instabilités de terrain. Un premier essai de réalisation de cartes de déplacement hebdomadaires ouvre des perspectives prometteuses. L'utilisation de ces données en temps réel reste néanmoins délicate et les traitements automatiques donnent parfois des résultats incohérents. Afin de palier à ces problèmes, le CREALP développe des routines de traitement semi-automatique permettant de vérifier et le cas échéant de corriger les mesures de déplacement .

Hydrogéologie des glaciers rocheux : la mise en évidence et l'observation quantitative et qualitative des écoulements aux sein des glaciers rocheux doit permettre d'évaluer dans quelle mesure les paramètres hydrogéologiques (niveaux, température, conductivité électrique et turbidité des eaux) peuvent constituer des indicateurs caractéristiques des changements d'état au sein du système hydrologique pouvant être mis en lien avec le déclenchement des laves torrentielles. Un premier système de monitoring a été déployé en 2019 sur Glacier Bonnard dans le Val d'Anniviers qui devra notamment permettre de suivre la fonte au printemps 2020.



Installation d'une station de mesure de hauteur de neige sur le Glacier Bonnard



Glacier Bonnard: vue de la surface du glacier rocheux



La gestion durable et intégrée des ressources naturelles que sont les eaux souterraines, les eaux de surface et le sous-sol nécessite des connaissances approfondies des conditions hydrologiques, hydrogéologiques et géologiques locales et régionales.

Cette connaissance s'appuie sur des données de base pertinentes et cohérentes ainsi que sur des compétences métiers multiples pour les valoriser que ce soit en terme d'accès à l'information, d'élaboration d'outils orientés aide à la décision (indicateurs, cartes, portails web, etc.), de modélisation de processus complexes.

L'objectif général visé est d'assurer la sécurité quantitative et qualitative des ressources naturelles à travers des mesures de planification et des mesures technologiques qui, le cas échéant, puissent également intégrer les pronostics d'évolution climatique émis à l'horizon 2100.

Gestion transfrontalière des ressources en eau

Projet : RESERVAQUA

Période : 2019 - 2022

Porteurs de projet : FEDER / Canton du Valais

Dans le contexte alpin, les ressources en eau sont de plus en plus sous tension: sécheresses, surexploitation et détérioration de la qualité de l'eau ne sont que quelques-unes des conséquences potentielles liées à la croissance démographique, aux impacts des différentes activités humaines et/ou aux changements climatiques.

Cette situation doit amener à considérer de nouveaux modes de gestion de la ressource plus durables intégrant notamment des principes de solidarité amont-aval (régions de montagne – régions de plaine) ou latérale (régions limitrophes). C'est une des idées-forces qui sous-tend le projet Interreg RESERVAQUA dont un des objectifs est d'évaluer la distribution spatiale des masses d'eau entre des territoires frontaliers suisses et italiens afin d'aboutir à une vision transfrontalière de la ressource en eau sous les angles à la fois systémiques (facteurs hydro-géologiques), socio-économiques (usages de l'eau) et administratifs (exploitation, gouvernance).

La zone d'intérêt du projet couvre le canton du Valais d'une part, la Région autonome de la Vallée d'Aoste et la Région Piémonte d'autre part. Différentes régions transfrontalières serviront comme support d'étude : Val Ferret, Val d'Entremont, Val de Bagnes Matternal et Saastal pour le Valais, Valle Ferret,

Valpelline, Valtournenche pour la région Vallée d'Aoste, Val Anzasca et du Valle de Sesia pour la région Piémont.

Le projet ambitionne également à diffuser et valoriser les connaissances acquises en les rendant accessibles au plus grand nombre (grand public, scolaires, professionnels et décideurs). Cette sensibilisation et cette divulgation seront réalisées aussi bien au travers d'actions de communication (newsletter, expositions, conférences, ateliers) que par la mise en œuvre d'outils numériques à vocation métier ou didactiques (p.ex. portail géographique, serious game).

En fin de projet les livrables fourniront des instruments permettant une gestion durable, du point de vue quantitatif comme qualitatif, des ressources en eau tout en tenant compte des effets induits en lien avec les changements climatiques.



RESERVAQUA

Eau et changement climatique en Valais

Projet : SAGE **Période :** 2018 - 2020 **Porteur du projet :** Canton du Valais

Pour faire face aux changements climatiques, le Canton du Valais s'est doté en 2014 d'une Stratégie Eau qui vise une gestion durable de la ressource en eau à travers un catalogue de mesures prioritaires. C'est dans cette logique que le CREALP a élaboré le projet SAGE qui ambitionne de développer et mettre à disposition de nouveaux outils d'aide à la gestion de l'eau permettant de faciliter l'adaptation aux changements climatiques qui pourraient impacter la ressource à l'horizon 2100.

Pour adresser un des besoins prioritaires de la Stratégie Eau, le CREALP s'est vu confié par le Canton l'analyse, la conception et l'implémentation d'une Plateforme Eau. Ce site internet, intégré à la plateforme cantonale, recense des informations liées à l'eau et son utilisation selon différents thèmes (eau potable, qualité des eaux, dangers naturels, agriculture-industrie-tourisme, énergie renouvelable, etc.). Pour chaque thème, des données et indicateurs, des bases légales, des études et publications ou encore des liens utiles seront mis à disposition. Cette plateforme vise également à faciliter les échanges entre les différents acteurs de l'eau et devrait être déployée courant 2020.

Le projet SAGE s'intéresse également à la gestion de l'eau dans

une région pilote : la commune de Bagnes. En collaboration avec la HES-SO Valais-Wallis et Altis, les différentes utilisations de l'eau sont répertoriées et le réseau d'adduction est cartographié. Le but est d'obtenir une vue d'ensemble de la gestion de l'eau au niveau du bassin versant et d'initier la discussions avec les partenaires locaux vis-à-vis des défis liés à la gestion de la ressource dans le contexte du changement climatique. d'identifier les limitations qui pourraient survenir en fonction de sa disponibilité actuelle et future.

En novembre 2019, en proposant deux défis, le CREALP a également participé activement au hackathon BlueArk challenge organisé au Châble sous le thème de la digitalisation de la gestion de l'eau.



Participants au BlueArk challenge

Hydrologie nivale

Projet : Modélisation numérique du manteau neigeux à l'échelle du Valais **Période :** 2019 - 2020 **Porteur de projet :** CREALP

La Suisse est parfois considérée comme le château d'eau de l'Europe de par les grandes quantités d'eau stockées sous forme de neige et de glace dans les Alpes. Avec le changement climatique, les périodes de sécheresse devraient s'intensifier et les ressources en eau du manteau neigeux seront d'autant plus critiques. Malgré les avancées technologiques, quantifier cette ressource reste un challenge en milieu montagneux (accessibilité, résolution spatiale et temporelle des mesures).

Dans ce contexte, le CREALP s'est lancé le défi d'améliorer les modèles hydro-climatiques utilisés dans le cadre de la modélisation des crues pour fournir un produit spatialisé de la quantité d'eau du manteau neigeux sur le territoire valaisan. Ce projet permettra de modéliser l'évolution du manteau neigeux en fonction des différents scénarios climatiques, ainsi que d'améliorer la qualité des prévisions hydrologiques du système MINERVE.



Qualité des eaux souterraines

Projet : QuaIES **Période :** 2018 - en cours **Porteur du projet :** Canton du Valais

La surveillance qualitative des eaux souterraines doit permettre de s'assurer que la ressource exploitée ou exploitable pour l'alimentation en eau potable respecte les normes de qualité en vigueur.

Sur le long terme, elle doit permettre de déterminer les régions présentant un déficit et de qualité chronique, de définir les tendances d'évolution des concentrations de certains paramètres indicatifs, de détecter localement des atteintes à la qualité de l'eau et d'identifier les facteurs d'origine anthropique ou naturels pouvant en être à l'origine.

Dans ce cadre et sur mandat du Service de l'environnement, le CREALP a finalisé 2019 le projet pilote visant à exploiter et valoriser les données récoltées sur près de 20 ans (période 2000-2018) via l'observation, cantonale et nationale, de qualité des eaux de la nappe phréatique de la plaine du Rhône.

Les résultats de cette étude ont été restitués sous différentes formes :

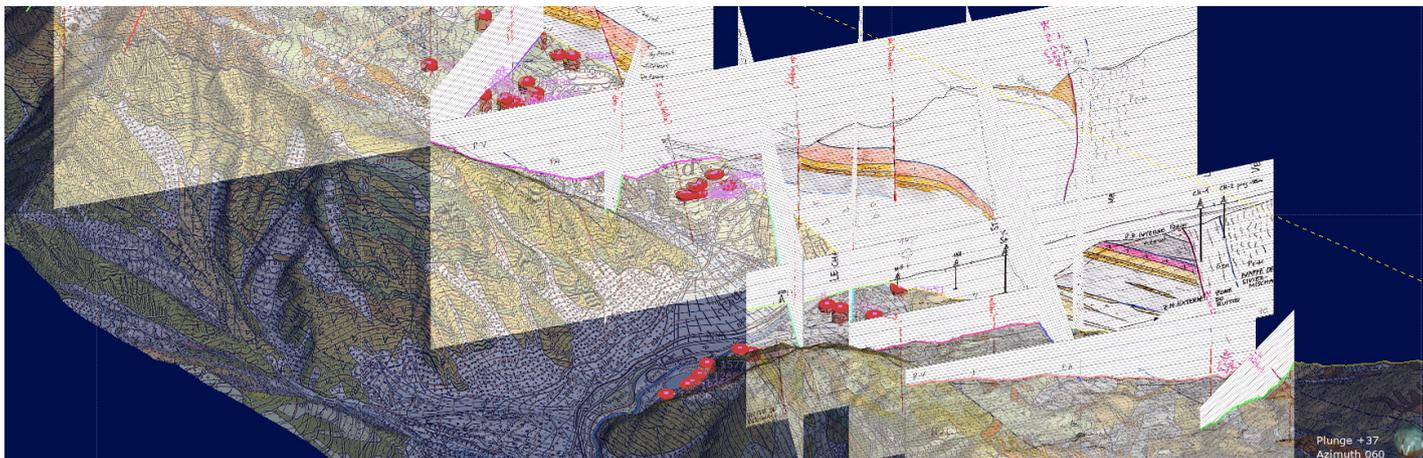
Calcul d'indicateurs statistiques permettant de mettre en évidence les tendances d'évolution, à la hausse ou à la baisse, des concentrations pour une substance donnée.

Implémentation d'une application web permettant une exploration interactive des données informatisées dans la base de données hydrogéologique REGIS, via différents outils de représentations graphiques et cartographiques, statistiques et de reporting.

Elaboration de fiches synoptiques résumant l'état des observations disponibles pour un paramètre donné.

Identification préliminaire de secteurs présentant un déficit de qualité ou les zones présentant des dépassements répétés des valeurs limites de concentration admises.

Un catalogue de recommandations pour la surveillance qualitative de la nappe de la plaine du Rhône, concernant notamment la consolidation du réseau d'observation, la réalisation des campagnes d'échantillonnage et la gestion informatisée des données.



Modèle géologique 3D de la région de Verbier

Utilisation du territoire souterrain

Projet : Deep City Verbier

Période : 2019 - 2020

Porteur du projet : Commune de Bagnes

Le CREALP participe à l'application de la méthode Deep City sur la région de Verbier dont le but est de développer un instrument permettant la valorisation des ressources (géomatériaux, géothermie, infiltration des eaux pluviales) et l'aménagement du sous-sol (implantation d'ouvrages souterrains).

Un modèle géologique 3D a été créé sur la base des informations disponibles (données de sondages, cartes et

profils géologiques). Il inclut les dépôts de surface meubles ainsi que le substratum rocheux.

A partir du modèle, il sera possible de dériver toute une série de produits cartographiques selon les différentes thématiques qui pourront être intégrés au portail géographique de la Commune de Bagnes.

Eaux souterraines et sous-sol

Projet : Surveillance opérationnelle des eaux souterraines **Période :** 2019 - 2022 **Porteur du projet :** Canton du Valais

Les eaux souterraines couvrent plus de 80% de l’approvisionnement en eau potable de la Suisse. La protection de cette ressource est en pratique directement dépendante des connaissances acquises via l’observation et la surveillance des eaux souterraines et du sous-sol. Dans ce domaine, le CREALP contribue activement, depuis plus de 20 ans, à l’implémentation et à la consolidation des différents processus cantonaux afférents à la surveillance des eaux souterraines (nappe phréatique, sources de montagne) et à la gestion des données du sous-sol (forages). C’est l’objet même du mandat confié par le Canton du Valais au CREALP en 2019 et qui vise à garantir la continuité des tâches institutionnelles couvrant la gestion opérationnelle des réseaux de mesure ainsi que l’exploitation des données d’observation relatives aux eaux souterraines (mesures quantitatives et qualitatives) et au sous-sol. Celles-ci concernent notamment :

La gestion et la maintenance des réseaux d’observation (réseaux cantonaux «Nappe phréatique» et «Sources de montagne», réseau national NAQUA Quant),

L’infogérance des référentiels cantonaux de bases de données dédiés à l’archivage des données «Eaux souterraines» et «Sous-sol» (resp. BD REGIS, BD GEOCADAST),

Le traitement, la validation et l’archivage informatique des données d’observation,

Le développement de processus métier pour la valorisation et la diffusion des données de base sous forme de produits à valeur ajoutée destinés aux gestionnaires cantonaux, communaux ainsi qu’aux praticiens.

C’est ainsi qu’en lien avec ce dernier point, le CREALP a développé en 2019 un processus visant la production «au fil de l’eau» des cartes mensuelles de la piézométrie de la nappe phréatique de la plaine du Rhône basé sur l’exploitation des données d’observation en continu collectées via les stations de mesure automatisées dotées de la télétransmission.



Pendant les dernières dix années, le CREALP a élargi son domaine d'activités au-delà des frontières suisses. Il s'est engagé dans la réalisation de projets internationaux, notamment en Amérique du Sud, en Australie, et en Asie, où il a joué le rôle de structure relais entre le monde académique, les bureaux privés et les institutions publiques.

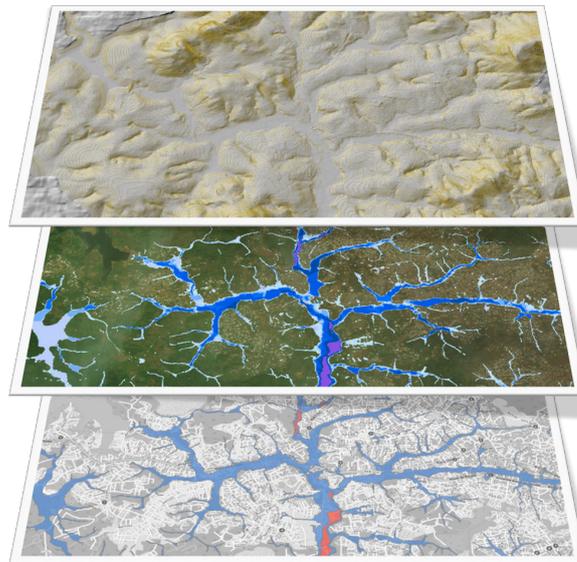
Cette tendance s'est poursuivie en 2019 avec de nouveaux projets en Afrique et en Amérique du Sud. Ainsi, le CREALP se positionne comme un acteur compétent sur le terrain international où il devient de plus en plus dynamique.

Cartographie du danger d'inondation (Cameroun)

Projet : Développement urbain résilient dans le contexte du changement climatique **Période :** 2019 - 2020 **Porteur du projet :** Banque mondiale

Le CREALP participe au projet « *Building Capacity for Resilient Urban Development and Integrating Climate and Disaster Risk Considerations into Urban Planning* » financé par la Banque mondiale. Le projet a pour but de contribuer à augmenter la résilience des villes du Cameroun face au risque d'inondations via l'élaboration de cartes de danger qui doivent permettre de mieux planifier le développement urbain en tenant compte des risques pour la population.

Basé sur les recommandations suisses en la matière, un travail de compilation et traitement de données géographiques, ainsi que de modélisation hydraulique ont permis de délimiter les zones à risque d'inondation faible, moyen et élevé pour deux quartiers de la ville de Yaoundé.



Étapes de production des cartes d'inondation à Yaoundé, Cameroun

Formation en hydrologie (Equateur)

Projet : Appui technique et formation en hydrologie à l'INAMHI

Période : 2019 **Porteur du projet :** INAMHI

Le CREALP a soutenu l'INAMHI, entité technico-scientifique responsable de la production et de la diffusion des informations hydrométéorologiques en Equateur, dans l'élaboration d'un modèle de simulation hydrologique adapté à leurs besoins. En effet, l'INAMHI souhaite se doter d'un système de prévision en temps réel qui lui permette d'être plus réactif dans les situations potentiellement à risque.

En 2019, le support fourni a consisté en un cours de formation en hydrologie avec le software RS MINERVE, ainsi qu'en un appui technique pour l'élaboration d'un modèle hydrologique du bassin de la Coca. Cet appui se poursuivra en 2020 avec l'implémentation d'un système de prévisions en temps réel.



Gestion intégrée des ressources en eau (Colombie)

Projet : Glaciares+

Période : 2019 **Porteur du projet :** DDC

Le CREALP a participé au workshop « Échange d'expériences pour promouvoir les projets multiusages de l'eau comme mesure d'adaptation au changement climatique et à la gestion des risques dans les zones de montagne » qui s'est tenu à Bogota les 9 et 10 avril 2019 dans le cadre du projet Glaciares+.

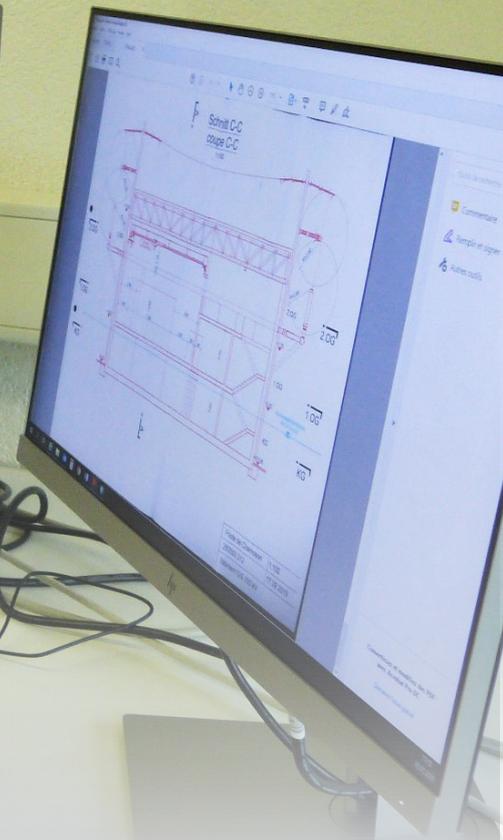
Le but était d'aboutir à une meilleure définition et compréhension des projets multiusages, orientés vers une gestion intégrée et efficace des ressources en eau dans un contexte de changement climatique, et de proposer des stratégies pour leur mise en œuvre.

La participation d'un large éventail de public issu des domaines techniques, politiques ou sociaux a permis d'enrichir la discussion et d'incorporer les points de vue des différents acteurs impliqués dans la gestion de l'eau. Entre autres, le workshop a abouti à une meilleure structuration des besoins de ce type de projets, à l'identification des points forts et des limitations actuelles ainsi qu'à une liste de recommandations pour leur mise en pratique.

99105

Groupes CREALP
Guide interne
Charges 4^e trimestre
Simulation 2020

CHGEC (25.03)
PAGE (28.05)



Depuis près de 10 ans le CREALP met ses compétences métier et son savoir-faire en matière de surveillance et de gestion de données environnementales au service du développement de produits et d'outils à valeur ajoutée destinés à faciliter aussi bien la diffusion des données, de base et/ou élaborées, que l'aide à la décision.

Cette activité trouve aujourd'hui un prolongement naturel dans la mise en place d'une offre de services croissante (applications web, expertises, formations). Ces outils et services contribuent au partage des compétences en faisant circuler la connaissance et en favorisant le renforcement des aptitudes dans les entreprises et organisations en Suisse comme à l'étranger.

Surveillance des dangers naturels

Projet : GUARDAVAL - portail cantonal dangers naturels **Période :** 2018 - 2020 **Porteur du projet :** Canton du Valais

Le système GUARDAVAL initialement développé en 2003 pour le monitoring à distance des terrains instables a fait l'objet d'une refonte intégrale initiée en 2017, à la demande de la SDN-SFCEP du Canton du Valais.

Cette refonte a permis de consolider l'acquisition et le stockage des données et la création d'une base de données centralisée.

Un nouveau portail de consultation en ligne a également été déployé permettant d'accéder à un ensemble plus vaste de données pour la surveillance des dangers liés aux instabilités de terrain, mais également aux crues et laves torrentielles, ainsi qu'aux glaciers et glaciers rocheux. Les données suivantes sont actuellement disponibles :

Les mesures du réseau GUARDAVAL composé d'extensomètres, de piézomètres et de stations météorologiques,

Les données de différents réseaux de mesures nationaux, cantonaux, académiques ou privés,

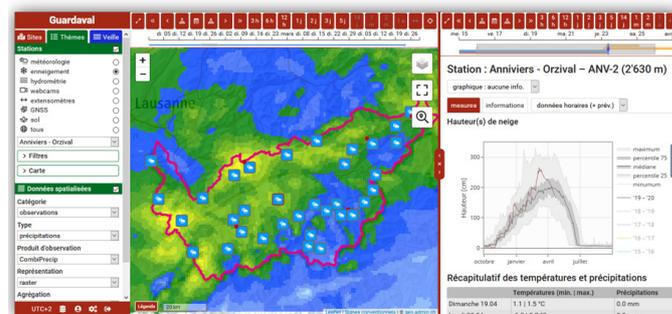
Les prévisions météorologiques COSMO-1 et COSMO-E de MétéoSuisse,

Les résultats des prévisions hydrologiques WASIM (prévisions de l'OFEV) et MINERVE (le système cantonal de gestion et de

prévision des crues), et

Les images webcams de plusieurs partenaires privés ou académiques.

Le nouveau portail GUARDAVAL se positionne ainsi comme un outil essentiel pour la gestion intégrée des dangers naturels en Valais.



Nouveau portail Guardaval pour la surveillance des dangers

Surveillance des eaux souterraines

Projet : STRATES-VS portail hydrogéologique cantonal

Période : 2018 - 2020

Porteur du projet : Canton du Valais

Dans sa volonté de se doter d'un système de gestion des données sur les eaux souterraines et le sous-sol, le Canton du Valais a confié au CREALP le mandat d'élaborer le cahier des charges informatique de la future plateforme cantonale STRATES-VS. Cet outil permettra de:

Mutualiser les données de référence participant à l'amélioration des connaissances de l'état des eaux souterraines et du sous-sol et

Partager ces informations au sein de la communauté des utilisateurs de la plateforme (gestionnaires cantonaux et communaux, praticiens, chercheurs, grand public, etc.).

En tant que système d'information, STRATES-VS offrira les ressources informatiques nécessaires pour assurer l'entier du cycle de vie des données sur l'eau soit la collecte, la vérification et traitement, la bancarisation, la publication et la valorisation des informations relatives aux eaux souterraines et au sous-sol.

STRATES-VS vise au final à venir appuyer tant l'expertise métier (praticiens) que le niveau décisionnel (gestionnaires, décideurs, etc.) en offrant :

Un accès centralisé aux informations sur les eaux souterraines et le sous-sol (mesures quantitatives et qualitatives, données

de forages, sources et puits AEP, réseaux et stations de mesure, etc.) via un portail web permettant d'explorer, visualiser et exploiter les données.

Des outils d'aide à la décision (e.g. cartes, indicateurs, etc.) permettant de disposer d'un suivi de l'état qualitatif et quantitatif des ressources pour évaluer/planifier les politiques de gestion des eaux souterraines (surveillance, protection, exploitation) et d'aménagement du territoire.

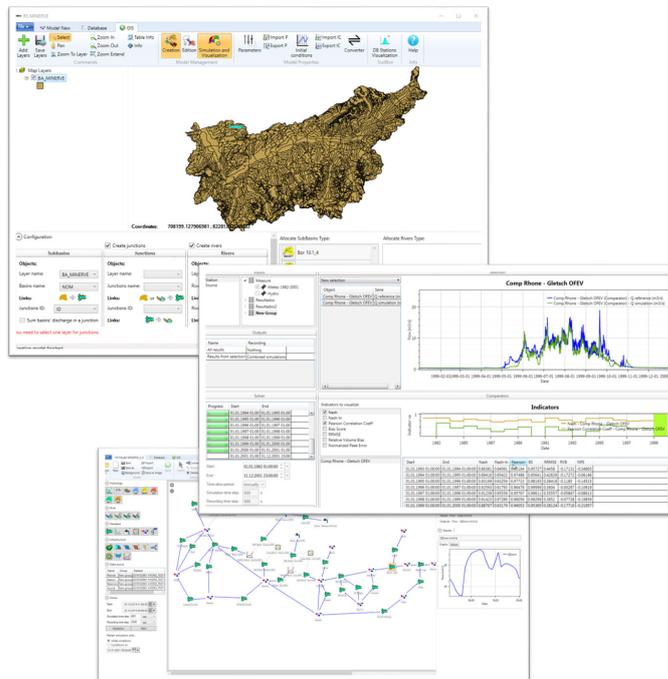
Des outils d'analyse et/ou prospectifs dédiés à la gestion courante de la ressource ainsi qu'à la prévision et/ou à l'évaluation des effets potentiels induits par des facteurs anthropiques et naturels en vue de fournir des réponses adaptées aux enjeux futurs (p.ex. stratégies d'adaptation au changement climatique).

Modélisation hydrologique et hydraulique

Projet: Logiciel RS MINERVE **Période :** 2019 **Porteur du projet :** CREALP

RS MINERVE est un logiciel gratuit 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. Il est notamment utilisé dans le système de prévision des crues du Rhône (système MINERVE).

Le CREALP a repris le développement du logiciel en 2012, et n'a cessé d'améliorer ces fonctionnalités. Depuis, l'utilisation du logiciel s'est accru en Suisse comme à l'étranger. Des centres de recherche, universités, bureaux d'ingénieurs ou même utilisateurs privés de tout le monde contactent régulièrement le CREALP pour se renseigner sur les potentiels de RS MINERVE comme outil de modélisation. Cela a permis d'adapter le logiciel aux besoins des utilisateurs. Par exemple, en 2019, le calage des modèles de neige utilisés dans le cadre du système MINERVE a été optimisé, ce qui permet de mieux modéliser les phénomènes de fonte nival qui se produisent dans des environnements de haute montagne.



Fonctionnalités du logiciel RS MINERVE

Expertises en hydrologie et hydraulique

Validation de données hydrométriques pour Grande Dixence SA

Depuis 10 ans maintenant, le CREALP effectue une validation annuelle des mesures de débits effectuées aux stations hydrométriques de Hohwäng et Cheilon. En 2019, un projet de Bachelor visant à améliorer la précision de ce type de mesures à Hohwäng a été réalisé à l'HES-SO avec le soutien du CREALP.

Suivi de projet de master à l'EPFL

Dans le cadre de sa collaboration avec la Plateforme de Constructions Hydrauliques de l'EPFL, le CREALP a encadré entre février et août 2019 le projet de master d'Anne Schwob, étudiante à la Technische Universität de Darmstadt en Allemagne. Le projet avait pour objectif d'améliorer et de consolider une méthode d'assimilation de données (filtre de Kalman d'ensemble) pour le système de prévision de crues MINERVE.

Appui technique pour l'élaboration d'un modèle hydraulique en Espagne

Le bureau d'ingénieurs TPF, en Espagne, a mandaté le CREALP pour la formation de son équipe et l'appui technique pour l'élaboration d'un modèle en RS MINERVE du réseau d'un des plus grands bassins hydrographiques d'Espagne. Le but était de mieux gérer les débits versés depuis chacun des réservoirs existants pour satisfaire les demandes en eau des différents utilisateurs.

Calcul des crues extrêmes

Suite au projet Cruex++ développé par l'EPFL, plusieurs sociétés d'aménagements hydroélectriques ont demandé en 2019 l'appui technique du CREALP pour la réalisation d'analyses approfondies des débits de crues de différents barrages et pour le calcul des scénarios de crues liés au changement climatique et au retrait glaciaire.

Hydrologie de la Navisence

Projet: Analyse des débits de crue de la Navisence

Période : 2019 - 2020

Porteur du projet : Canton du Valais

Dans le cadre de la révision de la carte des dangers hydrologiques de la Navisence, le canton du Valais a mandaté le CREALP afin de déterminer le débit de crue. Le bassin versant d'une surface de 257 km² s'étend de la Dent Banche à Chippis. Il génère des crues avec un fort transport solide qui peuvent engendrer d'importants dégâts. Le CREALP a mené une analyse

statistique des précipitations observées aux différentes stations d'observation météorologiques situées dans et autour du bassin versant. Cette analyse a été complétée par une simulation hydrologique à l'aide du modèle numérique MINERVE qui doit permettre de déterminer les débits atteints par la Navisence lors d'événements rares.



Crue de la Navisence le 2 juillet 2018

Formations

Sur la base de ses connaissances dans le domaine de la gestion des ressources en eau, le CREALP propose des formations adressées aux professionnels. En 2019, le CREALP a poursuivi les expériences de ces dernières années en offrant plusieurs cours en modélisation hydrologique et hydraulique, aussi bien en Suisse qu'à l'étranger. Par ailleurs, le CREALP a eu l'occasion d'organiser en collaboration avec la Banque mondiale un cours de programmation en R pour des membres du Ministère de l'Économie, de la Planification et de l'Aménagement du Territoire du Cameroun.

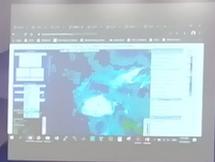
Cours	Cadre	Organisateurs	Date & Lieu	Participants
Classes d'introduction sur la modélisation hydrologique et hydraulique	Cours hydrologie urbaine, Master en Sciences et ingénierie de l'environnement – EPFL	EPFL, CREALP	3 avril 2019 EPFL, Lausanne, Suisse	30
	Cours hydraulique fluviale et aménagement de cours d'eau, Master en Génie civil – EPFL	EPFL, CREALP	29 octobre et 3 décembre 2019 EPFL, Lausanne, Suisse	25
Cours de modélisation hydrologique et hydraulique avec RS MINERVE	Projet <i>Glaciares+</i>	CREALP	11-12 avril 2019 Bogota, Colombie	27
	Appui technique	CREALP	9-11 décembre 2019 Quito, Équateur	13
	Master en Hydraulique et Environnement – UPV	CREALP, UPV	18-19 décembre 2019 UPV, Valencia, Espagne	12
Cours de programmation en R	Projet <i>Gestion des risques d'inondation au Cameroun</i>	CREALP, Banque mondiale	2-4 septembre 2019 Douala, Cameroun	19



USAID WMO

FLASH FLOOD GUIDANCE SYSTEM (FFGS)
GLOBAL WORKSHOP

04 - 06 November 2019 Antalya, TURKEY



USAID WMO

FLASH FLOOD GUIDANCE SYSTEM (FFGS)
GLOBAL WORKSHOP

04 - 06 November 2019 Antalya, TURKEY

USAID WMO

FLASH FLOOD GUIDANCE SYSTEM (FFGS)
GLOBAL WORKSHOP

04 - 06 November 2019 Antalya, TURKEY

Les initiatives de communication auprès des institutions culturelles et scientifiques ainsi qu'au sein de la population demeurent un axe fondamental pour stimuler la visibilité du CREALP. La dissémination du savoir-faire ainsi que de ses activités à travers différentes plateformes à disposition (réseaux sociaux, site web, expositions, conférences, etc.) continue d'être assurée en 2019.

Conférences et séminaires

Évènement	Date	Lieu	
EGU General Assembly 2019	7-12 avril 2019	Vienne, Autriche	● ●
Workshop «Intercambio de experiencias para impulsar los proyectos multiuso de agua como medida de adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos en zonas de montaña»	9-10 avril 2019	Bogota, Colombie	●
ICOLD 2019 Symposium	9-14 juin 2019	Ottawa, Canada	● ●
Atelier « Smart Irrigation » Blueark – Altis	12 juin 2019	Le Châble	●
SimHydro 2019	12-14 juin 2019	Nice, France	●
SCCER-SoE Annual Conference 2019	3-4 septembre 2019	Lausanne	●
2 nd International REKLIM Conference	23-25 septembre 2019	Berlin, Allemagne	●
Rendez-vous de l'Énergie	2 octobre 2019	Martigny	●
Rencontre « Energie hydraulique 2050 », Alpiq	3 octobre 2019	Martigny	●
High Mountain Summit	29-31 octobre 2019	Genève	●
Flash Flood Guidance System Global Workshop (WMO)	4-8 novembre 2019	Antalya, Turquie	●
Floods in a warmer world: insights from paleohydrology. PAGES, Floods WG workshop	11-13 novembre 2019	Genève	●
2 ^{ème} édition du BlueArk Challenge	15-16 novembre 2019	Le Châble	● ●
17 th Swiss Geoscience Meeting	22-23 novembre 2019	Fribourg	● ●
Conférence sur les Avertissements des Offices Fédéraux	5 décembre 2019	Lausanne	●

- Résumé
- Article
- Poster
- Présentation
- Modération
- Porteur de défi
- Participation

Publications

Articles

- Cochand, M.**, Christe, P., **Ornstein, P.**, and Hunkeler, D. (2019). *Groundwater Storage in High Alpine Catchments and Its Contribution to Streamflow*. *Water Resources Research*, 55, 2613–2630. <https://doi.org/10.1029/2018WR022989>.
- Fluixá-Sanmartín, J.**, Altarejos-García, L., Morales-Torres, A., and Escuder-Bueno, I. (2019). *Empirical Tool for the Assessment of Annual Overtopping Probabilities of Dams*. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(1), 04018083. DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001017.
- Fluixá-Sanmartín, J.**, Morales-Torres, A., Escuder-Bueno, I., and Paredes-Arquiola, J. (2019). *Quantification of climate change impact on dam failure risk under hydrological scenarios: a case study from a Spanish dam*, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 2117–2139, <https://doi.org/10.5194/nhess-19-2117-2019>.
- Fluixá-Sanmartín, J.**, Morales-Torres, A., Altarejos-García, L., Escuder-Bueno, I. (2019). *Incorporation of a time-dependent risk analysis approach to dam safety management*. In book: *Sustainable and Safe Dams Around the World*, edited by J.-P. Tournier, T. Bennett, and J. Bibeau, pp. 2384–2392, CRC Press. DOI: 10.1201/9780429319778-213.
- Foehn, A.**, Schwob, A., Pasetto, D., **García Hernández, J.** and De Cesare, G. (2019). *Application of an Ensemble Kalman filter to a semi-distributed hydrological flood forecasting system in Alpine catchments*. Presented at the conference SimHydro 2019, Nice, 12-14 June 2019.

Résumés de conférences

- Brauchli, T.**, Michel, A., Huwald, H., and Schaepli, B. (2019). *Quantifying the change in water temperature in Switzerland during the last 60 years*. EGU General Assembly Conference Abstracts, Vienna, Austria, Vol. 21, EGU2019-13682.
- Brauchli, T.**, Michel, A., Lehning, M., Schaepli, B. and Huwald, H. (2019). *Stream temperature and discharge evolution over the last 50 years in Switzerland*. Abstract Vol. 17th Swiss Geoscience Meeting, SCNAT, Fribourg, Switzerland, P12.9, 394.
- Foehn, A.**, **García Hernández, J.**, Schaepli, B., De Cesare, G. and Rinaldo, A. (2019). *Correcting solid precipitation gauge undercatch in quantitative precipitation estimates for snow modelling in Alpine catchments*. Abstract Vol. 17th Swiss Geoscience Meeting, SCNAT, Fribourg, Switzerland, P11.3, 338-339.

Manuels

- Foehn, A.**, **García Hernández, J.**, **Roquier, B.**, **Fluixá-Sanmartín, J.**, Paredes Arquiola, J. and De Cesare, G. (2019). *RS MINERVE – User manual*, v2.13. Ed. CREALP, Switzerland. ISSN 2673-2653.
- García Hernández, J.**, **Foehn, A.**, **Fluixá-Sanmartín, J.**, **Roquier, B.**, Paredes Arquiola, J. and De Cesare, G. (2019). *RS MINERVE – Technical manual*, v2.22. Ed. CREALP, Switzerland. ISSN 2673-2661.

Cycle d'expositions sur l'eau

En 2019, le CREALP a poursuivi la gestion de la plate-forme interactive «Rés'eau» (www.res-eau.ch) ainsi que la diffusion des expositions de la fondation Cap Santé, à savoir :

L'exposition « Histoires d'eau » sur l'importance de l'eau dans le patrimoine valaisan, présentée en février à la salle bourgeoise de Nax (Mont-Noble).

L'exposition «Notre eau/Unser Wasser» axée autour de l'empreinte de l'eau, présentée à l'ETHZ en octobre lors de la journée didactique «Treffpunkt Science City».



Exposition «Histoires d'eau» de Cap Santé

Participation à la Journée de l'Eau

La Ville de Sion a organisé en date du 18 août 2019, la 4^{ème} Journée de l'Eau sur le domaine des Îles à Sion. Le CREALP y a participé activement en proposant deux ateliers participatifs.

Le premier atelier consistait à faire découvrir au public la différence entre plusieurs eaux de boisson via une dégustation ou en mesurant leurs caractéristiques physico-chimiques.

Le deuxième atelier avait pour vocation de faire découvrir les eaux souterraines au public à travers une maquette didactique destinée à illustrer de manière ludique le fonctionnement des eaux souterraines (recharge des aquifères, effet d'une source de pollution, etc.). Un piézomètre implanté pour l'occasion permettait également à tout un chacun de mesurer en temps réel la profondeur de la nappe phréatique.



Journée de l'eau le 18 août 2019: Stand du CREALP et piézomètre

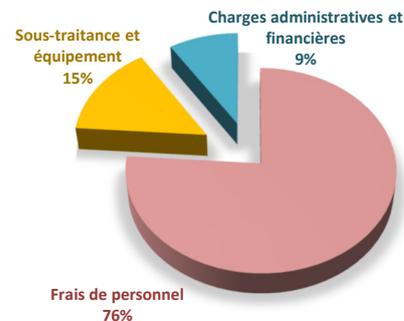
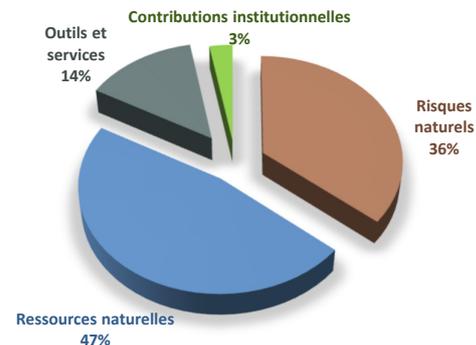
BUDGET ET FINANCES

Compte pertes et profits pour l'exercice 2019

	2019	2018
PRODUITS	CHF	CHF
Risques naturels	748'755.91	708'792.35
Ressources naturelles	982'517.60	489'112.75
Outils et services	291'678.75	347'152.84
Contributions institutionnelles	60'000.00	90'000.00
Déductions sur produits	-33'053.00	3'426.00
TOTAL PRODUITS	2'049'899.26	1'638'483.94

	CHF	CHF
CHARGES	CHF	CHF
Charges de matériel	210'282.76	71'549.27
Frais de personnel	1'469'195.66	1'243'884.91
Autres charges d'exploitation	74'503.61	132'318.48
Charges d'administration	171'823.12	134'236.88
Amortissement	3'778.00	3'778.00
Charges et produits financiers	611.60	637.10
TOTAL CHARGES	1'930'194.75	1'586'404.64

BILAN	119'704.51	52'079.30
--------------	-------------------	------------------



Bilan au 31 décembre 2019

	2019	2018
ACTIF	CHF	CHF
Actif circulant		
Trésorerie	336'549.55	728'503.60
Créances résultant de la vente de biens et de prestations de services	1'204'014.35	576'004.40
Actifs de régularisation	20'321.05	4'454.35
Total de l'actif circulant	1'560'884.95	1'308'962.35
Actif immobilisé		
Immobilisations corporelles	1'572.90	5'350.90
Total de l'actif immobilisé	1'572.90	5'350.90
TOTAL DE L'ACTIF	1'562'457.85	1'314'313.25
PASSIF	CHF	CHF
Capitaux étrangers à court terme		
Dette résultant de l'achat de biens et de prestations de services	514'623.97	458'288.83
Passifs de régularisation	45'458.00	23'353.05
Total des capitaux étrangers à court terme	560'081.97	481'641.88
Capitaux étrangers à long terme		
Recapitalisation caisse de prévoyance	100'000.00	100'000.00
Provision restructuration	100'000.00	50'000.00
Total des capitaux étrangers à long terme	200'000.00	150'000.00
Total des capitaux étrangers	760'081.97	631'641.88
Capitaux propres		
Capital de fondation	100'000.00	100'000.00
Bénéfice reporté	582'671.37	530'592.07
Résultat de l'exercice	119'704.51	52'079.30
Total des capitaux propres	802'375.88	682'671.37
TOTAL DU PASSIF	1'562'457.85	1'314'313.25

Partenariats

Projets	Partenaires scientifiques et techniques	Partenaires financiers
SismoRiv	HES-SO Valais-Institut Systèmes Industriels, TETRAEDRE, Geo2X	OFEV, DMTE-SFCEP/SEFH, CREALP
Assimilation de données pour la modélisation hydrologique	LCH-EPFL, UPV, HydroCosmos, MétéoSuisse, Canton du Valais	CREALP, OFEN
Projet MIHM : Monitoring des instabilités de haute montagne	OFEV-Division Prévention des dangers, SFCEP/SDN-DMTE	OFEV, DMTE-SFCEP/SDN
Glaciers +	UZH, LCH-EPFL, CARE Peru, MeteoDat	DDC
Risques d'inondation au Cameroun	SOGEFI, IRD France	Banque mondiale
RESERVAQUA	Région Automne Vallée d'Aoste, Service de l'Environnement (Valais), Fondation Montagne sûre (Vallée d'Aoste), Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (Vallée d'Aoste et Piémont), Politecnico di Torino, Institut Agricole Régional (Vallée d'Aoste), Service de l'Agriculture (Valais), HES-SO Valais de Sierre	DMTE-SEN, CREALP

Abréviations

Canton du Valais

DMTE : Département de la Mobilité, du Territoire et de l'Environnement

DFE : Département Finance et Énergie

SDN : Section Dangers Naturels du SFCEP

SEFH : Service de l'Énergie et des Forces Hydrauliques du DFE

SEN : Service de l'Environnement du DMTE

SFCEP : Service des Forêts, des Cours d'Eau et du Paysage du DMTE

Confédération suisse

DDC : Direction du Développement et de la Coopération

OFEN : Office Fédéral de l'Énergie

OFEV : Office Fédéral de l'Environnement

Union européenne

FEDER: Fonds européen de développement régional

Institutions académiques et de recherche

EPFL : Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

ETHZ : Eidgenössische Technische Hochschule Zürich

HES-SO : Haute École Spécialisée de Suisse Occidentale

IRD: Institut de recherche pour le développement, France

LCH-EPFL : Laboratoire de Constructions Hydrauliques de l'EPFL

SLF : Institut pour l'étude de la neige et des avalanches

UPV : Universitat Politècnica de València, Espagne

Remerciements

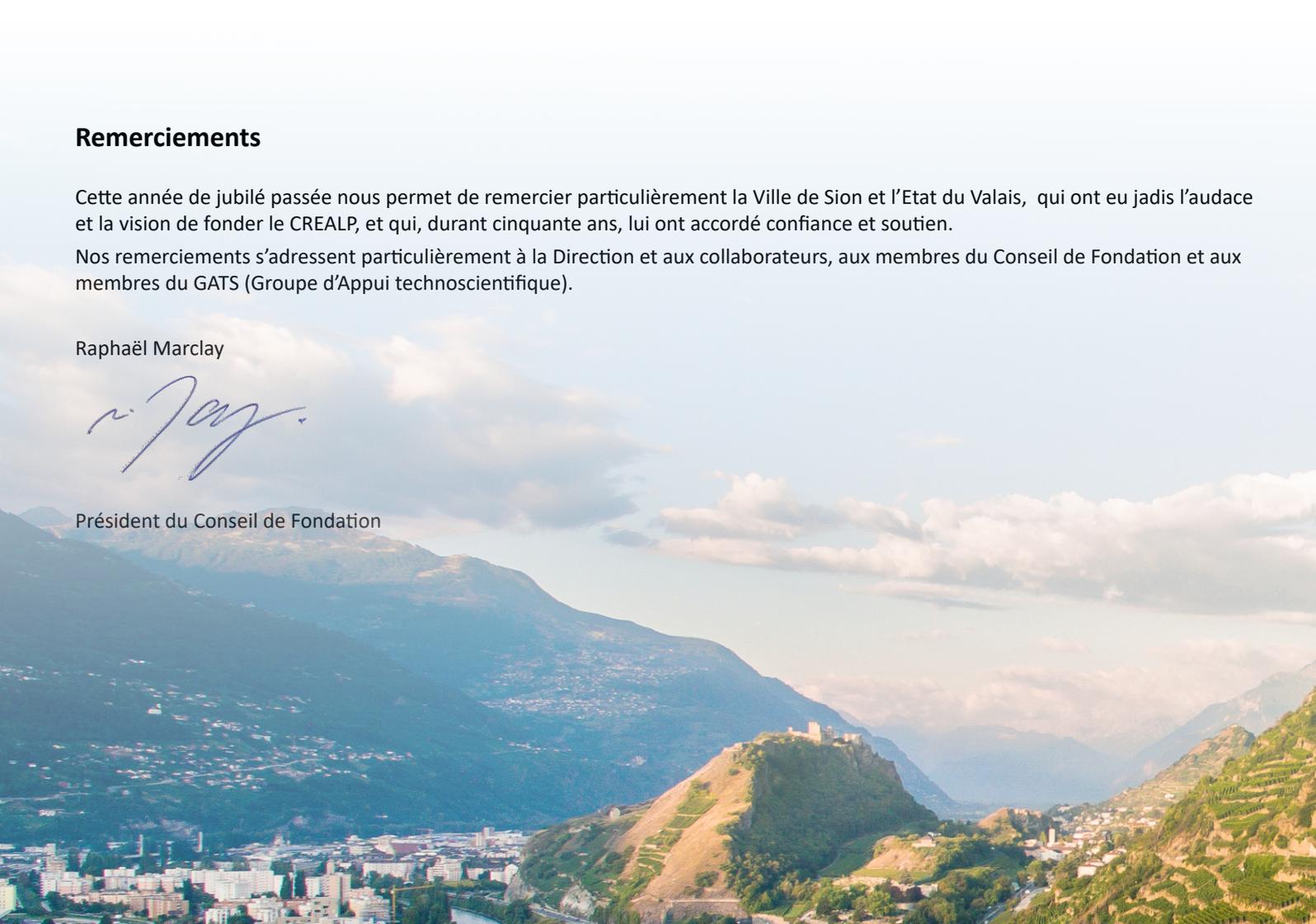
Cette année de jubilé passée nous permet de remercier particulièrement la Ville de Sion et l'Etat du Valais, qui ont eu jadis l'audace et la vision de fonder le CREALP, et qui, durant cinquante ans, lui ont accordé confiance et soutien.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à la Direction et aux collaborateurs, aux membres du Conseil de Fondation et aux membres du GATS (Groupe d'Appui technoscientifique).

Raphaël Marclay

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. Marclay', is positioned over the background image.

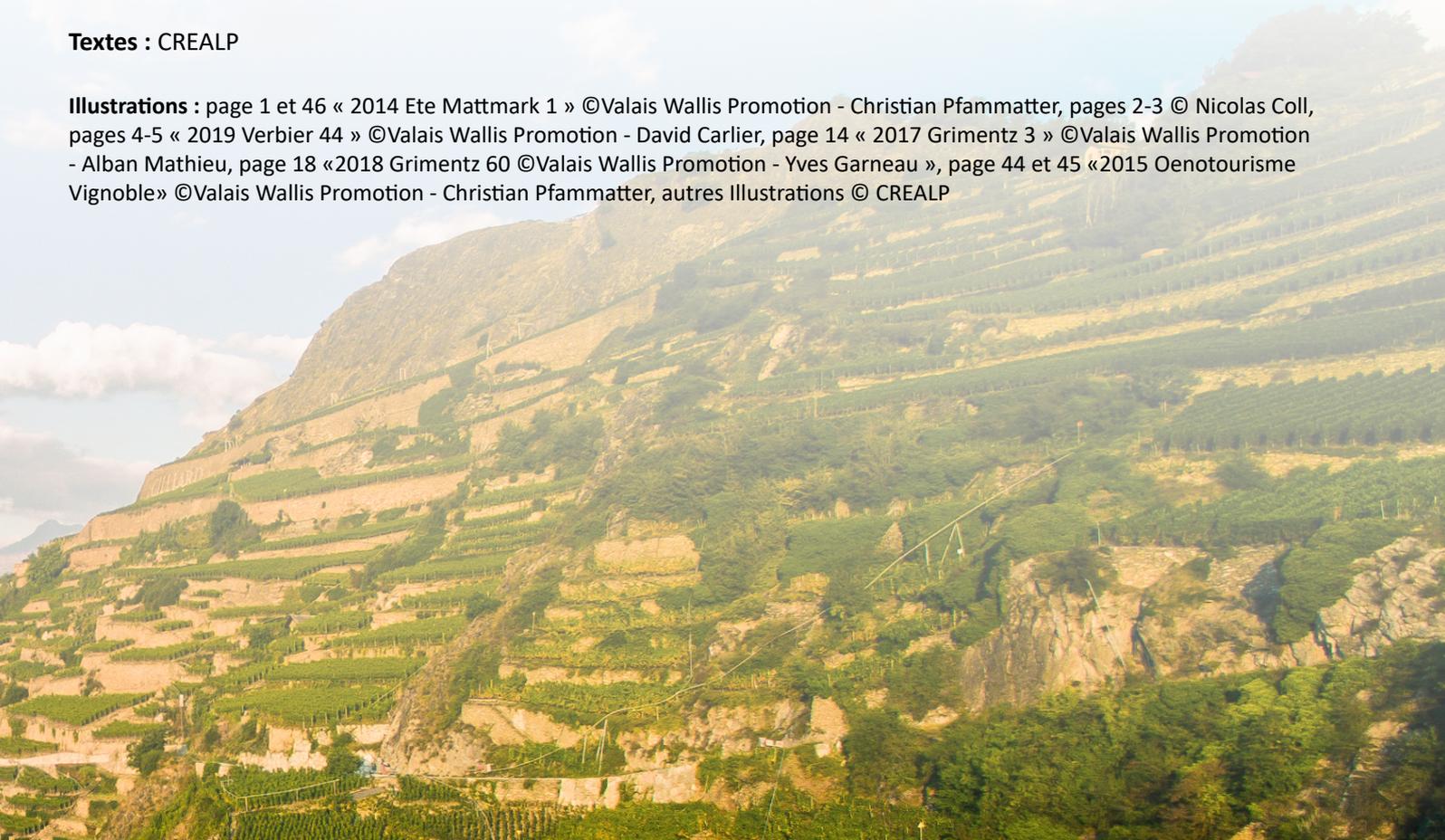
Président du Conseil de Fondation



Impressum

Textes : CREALP

Illustrations : page 1 et 46 « 2014 Ete Mattmark 1 » ©Valais Wallis Promotion - Christian Pfammatter, pages 2-3 © Nicolas Coll, pages 4-5 « 2019 Verbier 44 » ©Valais Wallis Promotion - David Carlier, page 14 « 2017 Grimentz 3 » ©Valais Wallis Promotion - Alban Mathieu, page 18 «2018 Grimentz 60 ©Valais Wallis Promotion - Yves Garneau », page 44 et 45 «2015 Oenotourisme Vignoble» ©Valais Wallis Promotion - Christian Pfammatter, autres Illustrations © CREALP





Centre de recherche sur l'environnement alpin

Rue de l'Industrie 45 CH-1950 Sion / Tél. +41 (0) 27 607 11 80 / crealp@crealp.vs.ch / www.crealp.ch