





REMERCIEMENTS

Toute l'équipe du CREALP tient à exprimer sa sincère gratitude pour la confiance que nos partenaires nous accordent au quotidien. Nous vous remercions très sincèrement pour votre confiance, qui nous permet de construire ensemble un avenir plus prometteur.

2 CREALP

- 4 Le mot du Président
et le mot du Directeur
- 6 Qui sommes-nous ?
- 8 55 ans d'histoire
- 10 Membres du CREALP
- 19 Intention stratégique
- 20 Prix
- 22 Finances



24 EXPERTISE

- 26 Eau et changement climatique
- 31 Monitoring Environnemental
- 32 Dangers Naturels
- 33 Géo-Ressources

34 INNOVATION, RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

- 36 Modélisation hydrologique
- 38 Bagnes sources
- 39 Modélisation géologique
- 39 Surveillance de la nappe
- 40 Drone Monitoring Program

42 MANDATS INSTITUTIONNELS

- 44 Surveillance de la
ressource "Eau"
- 46 Dangers hydrologiques
et météorologiques
- 47 Préavis

48 COMMUNICATION

- 50 Évènements
- 60 Médias
- 62 Travaux académiques
- 64 Publications





CREALP



LE MOT DU PRÉSIDENT



Depuis sa création en 1968, le CREALP accompagne les institutions publiques et privées pour relever les défis environnementaux. Gestion des risques, gestion de données, monitoring, les activités du CREALP apparaissent évidentes dans un environnement alpin confronté aux dangers naturels.

L'environnement alpin ce n'est pas seulement ce pays de danger et de « grande peur » que décrivait Ramuz, c'est aussi une réserve extraordinaire de ressources naturelles. Il y a bien sûr l'eau et son usage domestique, agricole, énergétique et récréatif où le CREALP est un appui précieux aux différentes parties prenantes. A ce titre le projet Interreg Reservaqua, visant à appréhender les ressources à une échelle transfrontalière en est une excellente illustration.

Il y a aussi la richesse géothermique, essentielle à la concrétisation de la stratégie énergétique 2050. Dans ce domaine, le CREALP participe via le projet Géothermoval II dans la prospection de nouvelles ressources à la base de la vallée glaciaire du Rhône qui pourront être exploitées notamment dans des réseaux de chauffage à distance.

Raphaël Marclay, Président du Conseil de Fondation

Sion, le 15 juin 2023

LE MOT DU DIRECTEUR



Au cœur des Alpes, le Centre de recherche sur l'environnement alpin présente, dans ce rapport annuel, une synthèse de nos activités clés pour relever les défis environnementaux. Fier de diriger une institution qui célèbre 55 années d'engagement en faveur de l'environnement alpin, notre rôle dans la mise en œuvre des stratégies cantonales, communales et fédérales est d'une importance capitale, particulièrement dans le contexte actuel du changement climatique.

Nos prestations, qu'il s'agisse des mandats d'étude, d'expertises scientifiques ou de recherches appliquées, suscitent une demande croissante, tant dans l'arc alpin qu'au-delà de nos frontières. Cependant, pour continuer à prospérer, notre chère fondation doit éviter de se reposer sur ses lauriers : en 2022, nous avons entrepris une démarche importante pour redéfinir notre intention stratégique, consolider nos missions et valeurs fondamentales et reformer notre structure organisationnelle. En parallèle, nous devons renforcer nos réflexions en cours liées aux axes stratégiques pour garantir un avenir durable. Que ce soit dans l'étude de la qualité et de la quantité de nos ressources naturelles, le développement d'outils pour une gestion efficace des données environnementales, ou encore la mise en place de solutions robustes face aux risques naturels,

notre travail demeure d'actualité et continuera de l'être. Cependant, il est tout aussi essentiel de tirer parti de nos succès actuels pour étendre la réussite de projets phares à d'autres régions de Suisse romande. De même, nous devons consolider notre position en tant qu'acteur incontournable au sein de l'arc alpin, jouant un rôle clé en tant que relais entre nos partenaires institutionnels et les autres acteurs de la recherche et de l'innovation. Malgré les défis budgétaires auxquels notre fondation est confrontée, nous avons été récompensés en 2022 par des financements compétitifs d'Innosuisse, du FNS, de l'OFEV et des prix, renforçant ainsi notre solide réputation.

Enfin, je tiens à féliciter chaleureusement nos précieux membres du CF et du GATS pour leur soutien dans le présent et le futur de notre chère institution. Un grand merci également à nos collaborateurs qui ont fait preuve d'un professionnalisme exemplaire pour faire face à de nombreux défis avec une performance remarquable. Une fois de plus, nos partenaires ont souligné l'importance de notre institution et de notre engagement quotidien en faveur d'une meilleure compréhension des enjeux environnementaux dans l'espace alpin. Nous vous exprimons notre profonde gratitude pour cette aventure ininterrompue dans les domaines cruciaux de l'eau, de l'énergie, du climat et du sous-sol.

Antonio Abellán, Directeur du CREALP

Sion, le 15 juin 2023

CENTRE DE RECHERCHE SUR L'ENVIRONNEMENT ALPIN

Institution de référence pour l'application des sciences de l'environnement dans les régions alpines depuis 1968

Fondation à but non lucratif créée par l'Etat du Valais et la Ville de Sion en 1968, le CREALP réalise des mandats, des expertises et des projets d'innovation dans le domaine des sciences de l'environnement. Son expertise couvre principalement les problématiques des dangers naturels (géologie et hydrologie), la gestion durable et intégrée des ressources, le développement d'outils et de plateformes web pour la gestion et la valorisation

des données environnementales ainsi que l'évaluation des impacts du changement climatique. La fondation accompagne diverses institutions publiques (cantonales, communales et fédérales) ainsi que des partenaires privés pour relever les défis environnementaux. Elle organise également des formations pour les professionnels et les étudiants en Suisse et au-delà de nos frontières.



ORGANISATION

Le fonctionnement stratégique du CREALP est régi par deux entités complémentaires :

Un **Conseil de Fondation (CF)** 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 des Hautes écoles suisses, de la région autonome de la Vallée d'Aoste, ainsi que des praticiens.

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



1987

Nomination de J.-D
Rouiller comme directeur
du CRSFA

2015

Nomination de J. Garcia
comme directeur du
CREALP

2020

Nomination de
A. Abellan comme
directeur du CREALP

1968

Date de création du
CRSFA (Centre de recher-
ches scientifiques, fonda-
mentales et appliquées)

1998

Le CRSFA devient le
CREALP (Centre de
Recherche sur l'environ-
nement alpin)

2018

Nomination de R. Marclay
comme président du
Conseil de Fondation

2022

Début des réflexions sur
l'intention stratégique du
centre

**LE
CREALP
55 ANS D'HISTOIRE**

2018

Création du Groupe
d'appui Techno-
scientifique (GATS)

2023

Le CREALP célèbre avec
fierté ses 55 années
d'histoire



CHIFFRES CLÉ EN 2022

2 ENTITÉS

CF (Conseil de fondation)
GATS (Groupe d'appui technoscientifique)

3 TYPES DE PRESTATIONS

Mandats d'étude
Recherche appliquée et développement
Expertise scientifique

PRO-DUITS PAR DOMAINE D'ACTIVITÉ

Géo-Ressources : **245'796** CHF
Monitoring environnemental : **544'834** CHF
Dangers naturels : **1'084'899** CHF

1 929 159 CHF
DE CHIFFRES D'AFFAIRES

51
PROJETS

22
COLLABORATEURS

+1750 ABONNÉS
SUR LINKEDIN

1 VOITURE
ÉLECTRIQUE

1 PRIX "BLUEARK CHALLENGE"

RESPONSABILITÉ	EXPERTISE	INNOVATION
AGILITÉ	ESPRIT D'ÉQUIPE	DURABILITÉ
INTERDISCIPLINARITÉ	CONFIANCE	PROFESIONNALISME



LE CREALP

11 Membres du **CF**
15 Membres du **GATS**
22 Collaborateurs
7 Stagiaires & étudiants



MULTIDISCIPLINARITÉ

7 Hydrogéologie
4 Hydrologie
3 Géologie
3 Spécialistes **IT**
1 Hydrométrie
1 Glaciologie
1 Télédétection
1 Géoinformatique
1 Employée de commerce

CONSEIL DE FONDATION (CF)

Raphaël MARCLAY | Président du CF, Conseiller municipal de la Ville de Sion

Raymond BUFFET | Vice-président du CF, Représentant de la Ville de Sion

Nathalie ANDENMATTEN | Responsable du Service Géologique National, Swisstopo. Nouvelle membre CF

Dr François Joseph BAILLIFARD | Directeur, Norbert SA

Davide BERTOLO | Chef des activités géologiques, Région Autonome de la Vallée d'Aoste

Gregorio BONADIO | Société Suisse des ingénieurs et des architectes. Ancien membre CF

Prof Reynald DELALOYE | Département des Géosciences UNIFR

Dr Jérôme DUBOIS | Directeur, HydroCosmos SA

Georges JOLIAT | Chef du Service travaux publics et environnement, Ville de Sion

Dr Olivier LATELTIN | Ancien responsable du Service Géologique National, Swisstopo. Ancien membre CF

Jean-Christophe PUTALLAZ | Ancien adjoint du chef du SDM

Florian WIDMER | Responsable d'Hydro Power Office, Alpiq SA

Jean-Daniel ROUILLER | Membre d'honneur du CF et ancien directeur du CREALP

DIRECTION ET ADMINISTRATION

Dr Antonio ABELLÁN | Directeur, CREALP

Sabiré ILJAZI | Assistante de direction, CREALP

GROUPE D'APPUI TECHNOSCIENTIFIQUE (GATS)

Dr François Joseph BAILLIFARD | Président du GATS, Norbert SA

Tony ARBORINO | Enseignant, EPFL

Davide BERTOLO | Chef des activités géologiques, Région Autonome de la Vallée d'Aoste

Ulrich BURCHARD | Geoformer igp SA

Dr Pierre CHRISTE | Chef du groupe eaux souterraines, DMTE-SEN

Christophe DENERVAUD | Division Prévention des dangers, OFEV

Alexandre GILLIOZ | Responsable technique Eaux-Energies, Altis SA

Olivier LUYET | Chef de l'office cantonal de la protection de la population, DSIS-SSCM

Dr Raphaël MAYORAZ | Chef du Service des dangers naturels, DMTE-SDANA

Xavier MITTAZ | Directeur adjoint, SD ingénierie Sion SA

Ali NEUMANN | Chargé de programme, Swiss Agence DDC

Jean-Christophe PUTALLAZ | Ancien adjoint du chef du DMTE-SDM

Dr Devis TUIA | Professeur EPFL, Laboratoire ECEO, IIE-ENAC

Benoît VALLEY | Professeur UNINE, Laboratoire Géothermie CHYN

Frédéric ZUBER | Collaborateur scientifique, DFE-SEFH

COLLABORATRICES ET COLLABORATEURS

Pascal ORNSTEIN | Responsable filière Monitoring environnemental

Dr Bastien ROQUIER | Responsable filière Dangers Naturels

Dr Romain SONNEY | Responsable filière Géo-Ressources

Dre Marie ARNOUX | Spécialiste en hydrogéologie

Dr Theo BARACCHINI | Spécialiste en hydrologie opérationnelle

Dr Tristan BRAUCHLI | Spécialiste en hydrologie de montagne

Marie CLAUSEN-LUYET | Collaboratrice scientifique en hydrogéologie

Stéphane DONNET | Analyste programmeur junior

Dr Javier FLUIXÁ-SANMARTÍN | Spécialiste en hydrologie et hydraulique

Auréli FOLLONIER | Spécialiste SIRS-Dangers géologiques et hydrologiques

Dre Saskia GINDRAUX | Spécialiste en glaciologie et remote sensing

Kevin HAMID | Analyste programmeur

Gilles MARCHAND | Analyste programmeur et responsable groupe IT

Ivann MILENKOVIC | Spécialiste en hydrogéologie

Pascal MORARD | Spécialiste en hydrogéologie et coordinateur sécurité

Thierry NENDAZ | Collaborateur scientifique en hydrogéologie

Tsolmongerel PAPILLOUD | Collaboratrice en géoinformatique

Dre Lorena TESSITORE | Collaboratrice scientifique en hydrogéologie

Dr Joshua THEULE | Spécialiste en télédétection

Éric TRAVAGLINI | Spécialiste en hydrométrie et hydrologie

COLLABORATEURS EXTERNES

Grégoire GRICHTING | Opérateur de terrain

STAGIAIRES, ÉTUDIANT.E.S ET CIVILISTES

Joëlle JELTSCH | Stagiaire et étudiante UNIL

Corinna FRANK | Stagiaire et étudiante EPFL

Michel DROZ | Stagiaire

Emmanuel WYSER | Stagiaire BNF en modélisation numérique

Loïc MORARD | Civiliste

Noam MAKKINGA | Étudiant UNINE CHYN

Team HES-SO | Étudiants en systèmes industriels



NOUVEAUX VISAGES

CONSEIL DE FONDATION

NATHALIE ANDENMATTEN

Responsable Service Géologique National



Nouvelle Membre du Conseil de Fondation du CREALP.

Madame Nathalie Andenmatten Berthoud succède à Monsieur Olivier Lateltin qui a quitté ses fonctions pour profiter de sa retraite. Elle a accepté de reprendre le titre de membre du

Conseil de Fondation du CREALP, ce dont nous la remercions chaleureusement et sommes honorés qu'elle y intègre le Conseil. Nous sommes convaincus que son expérience et sa vision stratégique apporteront une contribution précieuse à notre Centre. Cette nomination est primordiale pour le CREALP, qui attache une valeur essentielle à maintenir des liens étroits et renforcer sa collaboration avec le Service Géologique National.

Lors de sa nomination à la direction du Service Géologique National chez Swisstopo, Madame Andenmatten Berthoud a souligné le rôle crucial que le sous-sol et ses ressources joueront dans les années à venir, ainsi que la contribution fondamentale que le Service Géologique National peut apporter pour relever les défis techniques associés à l'utilisation du sous-sol.

Dotée d'une formation solide en géologie et une expérience professionnelle exceptionnelle, elle a été responsable du programme de géothermie de la République et Canton de Genève et membre, puis Présidente du Comité de Géothermie-Suisse. Elle a également acquis une expérience précieuse en matière d'évaluations des risques et d'analyses des sinistres dans le domaine de la réassurance à la « New/Re ».

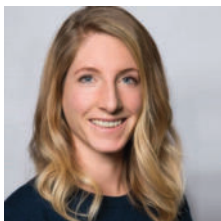
Au nom du CREALP, de ses collaborateurs, des membres du Conseil de Fondation et du Groupe d'appui techno-scientifique, nous souhaitons la bienvenue à Madame Andenmatten Berthoud et sommes impatients de travailler avec elle sur des aspects stratégiques en lien avec l'utilisation du sous-sol.

swisstopo
+ + +

COLLABORATEURS

SASKIA GINDRAUX

Spécialiste glaciologie et remote sensing



Saskia a terminé une thèse dans le domaine de la glaciologie au WSL et dans le groupe du VAW à l'EPFZ. Après son doctorat, elle s'est orientée dans le secteur privé, où elle a travaillé dans un bureau d'ingénieurs spécialisé dans les risques naturels. Dans ce cadre, elle a pu diriger divers projets

ainsi qu'un groupe de surveillance glaciaire. Une de ses tâches était également d'aider l'entreprise à intégrer de nouvelles méthodes et utiliser de nouvelles technologies. Depuis 2022, elle est collaboratrice scientifique au CREALP dans les domaines des risques naturels et de la glaciologie. Les intérêts de Saskia se portent principalement sur les thèmes liés aux régions de montagnes (glaciers, neige, permafrost) et elle est experte dans différentes techniques de télédétection.

LORENA TESSITORE

Collaboratrice en hydrogéologie



Lorena est titulaire d'un Bachelor en Géosciences, mention géologie de l'Université de Lausanne (2011), d'un MSc en Biologie, spécialisation Paléontologie de l'Université de Zurich (2013) et d'un PhD en Géosciences, Écologie, Paléontologie, Océanographie de l'Université de

Lille. Durant sa formation elle a collaboré comme assistante technique de laboratoire à l'Univ. de Zurich et suivie différentes formations en Paléoclimatologie. Après une collaboration lors d'un programme BNF au Service de l'Environnement (SEN) de l'État du Valais dans le groupe eaux souterraines, Lorena entre au CREALP en janvier 2022 comme collaboratrice scientifique en hydrogéologie. Elle est chargée de la coordination et la communication d'un projet INTERREG d'envergure ainsi que cheffe de projet d'un mandat d'appui au service de l'environnement (VS) pour la rédaction de préavis, d'autorisations, et de directives pour le domaine des "eaux souterraines."

JOSHUA THEULE

Spécialiste en télédétection



Joshua specializes in natural hazards, geomatics, and geomorphology. He actively participates in interdisciplinary projects, generating reliable measurements for understanding environmental processes. His work includes monitoring mountain environments using aircraft and BVLOS

drones, conducting photogrammetric surveys, analyzing 3D point clouds, and detecting changes. Before joining CREALP, he completed his Master's degree in geology at Portland State University, focusing on engineering geology and landslide susceptibility. He obtained his PhD from IRSTEA Grenoble, studying sediment dynamics in debris flow catchments through field surveys and monitoring stations. He pursued postdoctoral studies at the Free University of Bolzano, examining debris flow dynamics in the Gadria catchment and conducting geomorphic studies in the Venosta Valley area. His studies primarily utilized bathymetric LIDAR, terrestrial LIDAR, and SfM photogrammetry to monitor sediment processes in mountainous catchments.

TSOLMONGEREL PAPILLOUD

Collaboratrice en géoinformatique



Tsolmongerel est une géo-informaticienne avec plus de 15 ans d'expérience. Elle est actuellement doctorante en Sciences du climat à l'Université de Berne. Elle a obtenu un baccalauréat en mathématiques appliquées de l'Université d'Oulan-Bator, en Mongolie. Elle est titulaire d'une

maîtrise ès sciences en Géoinformatique de la faculté de Géoinformatique et d'observation de la Terre de l'université de Twente, aux Pays-Bas. Après avoir obtenu son diplôme, elle a suivi une formation pratique au Environmental Systems Research Institute (ESRI) à Redlands, Californie en 2004-2005. Son expérience couvre les applications de télédétection et de SIG pour les ressources naturelles, l'évaluation de la vulnérabilité du réseau d'infrastructures aux inondations, le développement d'atlas Web, la qualité de l'environnement et l'évaluation hydrologique, le développement d'applications Web sur l'analyse des données de séries chronologiques et de la qualité de l'eau, l'analyse spatiale, résolution de problèmes techniques sur les bases de données géospatiales, soutien technique et développement de projets dans la création de bases de données géospatiales pour la gestion des ressources.

STAGIAIRES

MICHEL DROZ

Stagiaire

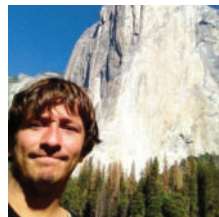


Michel était en charge de créer une grande base de données pour le projet SmartViti qui a pour but de détecter les maladies des vignes et de les prédire. Il a passé des journées dans le vignoble à prendre des photos de feuilles de vignes et à collecter des informations sur leur état de santé. En

trois mois, la base de données a atteint environ 11'000 entrées. Ces images seront par la suite utilisées pour entraîner des modèles de type « Machine Learning » pour d'une part classifier automatiquement les maladies et d'une autre part prédire leur évolution dans le temps basé uniquement sur des données météorologiques. La prédiction précise de l'apparition et du développement des maladies des vignes, permettra à terme de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

EMMANUEL WYSER

Stagiaire BNF modélisation numérique



Emmanuel a collaboré durant six mois avec le CREALP dans le cadre d'un programme BNF qui vise à stimuler la création de projets novateurs tout en facilitant la réinsertion des chercheurs sur le marché du travail. Avant cette collaboration, Emmanuel avait achevé sa thèse au sein du groupe d'analyse

des risques de l'université de Lausanne. Son domaine d'intérêt se concentre sur les méthodes modernes de computation, notamment sur le développement de la modélisation numérique accélérée par GPU pour la résolution efficace des problèmes géomécaniques appliqués. Les modèles numériques de haute performance qu'il développe sont essentiels pour une analyse robuste des risques naturels, en particulier pour les processus naturels tels que les glissements de terrain complexes ou les coulées de débris. Grâce à cette collaboration, il a étendu son réseau professionnel et a obtenu son propre financement pour la suite de ses collaborations avec le CREALP notamment à travers un projet de R&D de l'Agence suisse pour l'encouragement de l'innovation (Innosuisse).

LOÏC MORARD

Civiliste

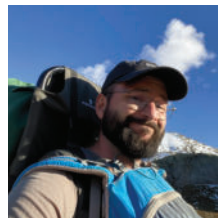


Loïc a eu l'opportunité de collaborer activement avec notre équipe dans le cadre de son Service Civil entre juillet et septembre 2022. Durant cette période, il s'est engagé dans diverses activités variées, principalement sur le terrain, où il a joué un rôle d'appui dans la collecte de données visant à évaluer

les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines. Loïc a été impliqué aux côtés de nos spécialistes lors des mesures de débit des cours d'eau et a apporté son soutien dans le remplacement efficace des sondes de mesure qui arrivent à la fin de leur cycle de vie. Il a également apporté son aide lors de l'installation des radars pour mesurer avec précision les niveaux d'eau et ainsi contribuer à la prévention des risques de crues, dans le cadre de nos mandats institutionnels. En plus de ses activités sur le terrain, Loïc a également apporté son appui au traitement des données environnementales. Il a profité de cette opportunité d'apprentissage en collaborant avec les membres de l'équipe, qui l'ont informé des différentes activités menées au sein de notre institution. Dans son retour d'expérience, Loïc souligne que son service civil a été une expérience très enrichissante, et complémentaire à ses études en sciences de l'environnement à l'Unil.

NOAM MAKKINGA

Étudiant UNINE CHYN



Dans le cadre de sa thèse de master au centre d'hydrogéologie et géothermie de Neuchâtel (CHYN), M. Makkinga a collaboré avec le CREALP pour déterminer les impacts du réchauffement climatique sur le glacier rocheux des Becs de Bosson dans le vallon de Réchy. Pour ce

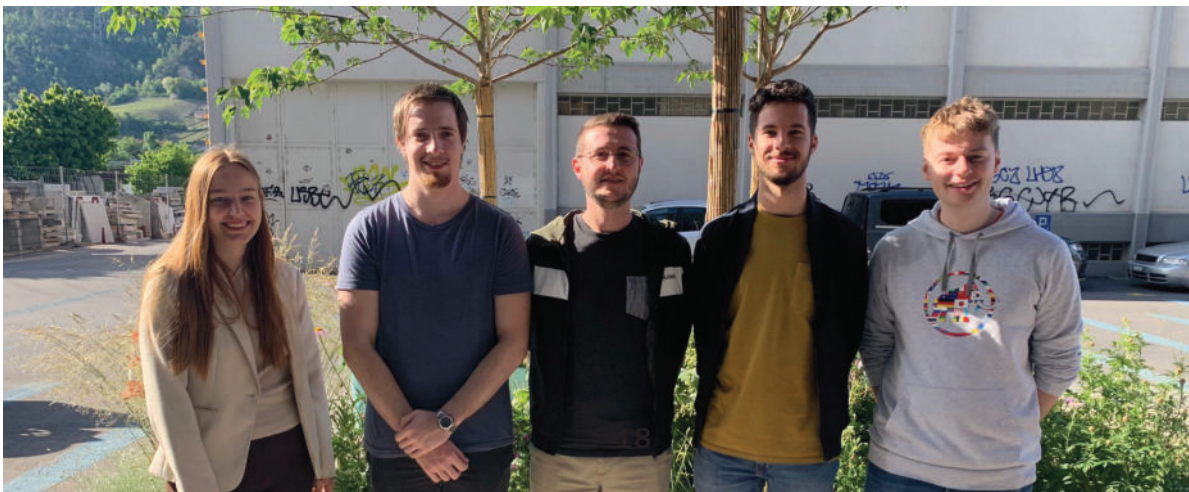
faire, à la fin de l'été 2022, il a collecté des données de terrain sur le glacier rocheux et les a complétées avec les données récupérées au préalable. Il a examiné le débit des sources, des rivières, ainsi que la chimie de l'eau. Il a également utilisé des images aériennes historiques pour calculer les variations d'accélération du glacier rocheux dans le temps. En plus de l'aide apportée lors de ses différentes campagnes sur le terrain, la spécialiste du CREALP Dre Marie Arnoux l'a conseillé et a partagé, à chaque étape de son mémoire de thèse, son expérience dans le domaine de l'hydrologie alpine.

TEAM HES-SO

Étudiants HES-SO

Un groupe de cinq étudiants de la même filière à l'école d'ingénieur HES-SO à Sion (Pablo Stoeri, Laetitia Schönman, Loris Zufferey, Killian Rossier, et John Biselx) ont collaboré avec le CREALP pour un projet d'innovation technologique. Voici leur témoignage : *"...Nous avons eu l'opportunité de travailler sur un projet avec le CREALP qui concernait la rénovation du système de communication de sondes pour des nappes phréatiques. La force de notre groupe est que nous avons des personnes avec des compétences et des formations très variées. Nous avons*

donc pu, après 14 semaines où nous avons travaillé environ 1 jour par semaine sur ce projet, développer un prototype fonctionnel dont les atouts sont qu'il est low-cost, qu'il ne perturbe pas le système fonctionnel actuel, et qu'il permettrait de ne plus être dépendant du réseau mobile et de ces coûts répétitifs. Il a été très intéressant de collaborer avec le CREALP. Les retours honnêtes de leur part, souvent positifs, nous ont apportés confiance et inspiration tout au long du projet..."



INTENTION STRATÉGIQUE

Le CREALP célèbre son 55e anniversaire en 2023, marquant ainsi une étape significative de son histoire. Dans le but de renforcer la cohérence du développement de notre précieuse fondation, le Conseil de Fondation et la Direction du centre ont proposé une démarche de réflexion approfondie sur l'avenir du CREALP. Cette démarche englobera la vision stratégique actuelle, la structure organisationnelle du centre, ses flux de travail et ses prestations futures.

Afin de concrétiser cette vision sur le long terme, nous avons fait appel au bureau spécialisé Compas Management, qui accompagnera le CREALP dans l'élaboration d'une stratégie générale durable pour les 10 à 15 prochaines années. Cette démarche repose sur les quatre étapes clés du cycle de management stratégique : la caractérisation de la situation stratégique initiale avec la reconnaissance du besoin de changement, l'établissement d'un diagnostic stratégique pour identifier les principaux défis stratégiques, la conception d'une stratégie visant à développer et consolider une position stratégique envisageable, et enfin, le déploiement de la stratégie avec l'élaboration de la manœuvre et l'exécution des propositions stratégiques retenues. Les travaux réalisés au cours du quatrième trimestre 2022 et du premier trimestre 2023 comprennent 14 entretiens individuels avec le comité de pilotage composé

de représentants du conseil de fondation, des collaborateurs et des membres du GATS, ainsi que 11 questionnaires remplis par les cadres et les collaborateurs, et 7 ateliers menés avec différents groupes de travail. Cette stratégie aidera à préciser l'intention stratégique du centre, telle que sa mission et ses valeurs, ainsi que son positionnement stratégique. Elle devrait également favoriser la cohésion en réunissant les différentes parties prenantes du CREALP, telles que les membres du conseil de fondation, les cadres et les collaborateurs du CREALP, les membres du GATS, autour d'un objectif commun ambitieux. Cette démarche, actuellement en cours de réalisation, sera présentée aux membres du Conseil de Fondation ainsi qu'aux collaborateurs lors de l'assemblée générale du CREALP en 2023. Une fois validée, elle servira de feuille de route pour les années à venir.

Le président du conseil de fondation et le directeur du CREALP souhaitent exprimer leur profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à cette démarche, que ce soit par leur participation à des entretiens, des ateliers ou en transmettant des informations écrites.

PRIX

BLUEARK CHALLENGE 2022

Le CREALP, en partenariat avec Hydro Exploitation, a remporté le BlueArk Challenge 2022 organisé conjointement par le pôle d'innovation BlueArk Entremont, ALTIS et la Fondation The Ark. Cet appel à projets vise à résoudre des défis concrets liés à la gestion de l'eau grâce à des méthodes d'Innovation ouverte. Afin de répondre au défi proposé par la commune d'Ayent intitulé "Mon eau a de la valeur", le CREALP a proposé une plateforme web intitulée CARAVEL (CalculAteuR de l'A Valeur de L'eau). Grâce à cette solution, la commune disposera d'un outil permettant de quantifier facilement le coût de l'eau et de ses différents usages (hydroélectricité, eau potable, irrigation

et enneigement technique) dans une optique de changements climatiques et de raréfaction des ressources en eau. La plateforme pourra aussi servir d'outil d'aide à la décision dans le cadre du retour des concessions hydroélectriques. Un jumeau numérique du bassin versant de la Lienne est en cours de développement. A l'avenir, une solution générique et adaptable à d'autres communes ou entités intéressées est envisagée. Le CREALP remercie chaleureusement les organisateurs pour cette récompense, qui confirme son expertise dans le domaine de la gestion de l'eau.



SOCIÉTÉ ACADÉMIQUE DU VALAIS

Le CREALP a le plaisir de féliciter Madame Corinna Frank pour avoir remporté un prestigieux prix pour son mémoire de Master réalisé en collaboration avec le CREALP et le prof. Devis TUIA (EPFL ENAC). Son mémoire de MSc intitulé "Runoff-Forecasting in an Alpine Catchment in the Upper Rhône Basin, Valais, Switzerland, with a Long Short-Term Memory Neural Network" a remporté l'un des prix académiques 2023 dans le domaine des sciences exactes décerné par la Société Académique du Valais.

Corinna a effectué ses études à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne en sciences et ingénierie de l'environnement et le CREALP a été ravi de l'accueillir pour la réalisation de son projet de semestre

ainsi que pour son mémoire de Master.

Dans son travail de mémoire, elle a testé l'adéquation des méthodes de machine learning pour la prévision à court terme du débit des cours d'eau, un sujet d'une grande pertinence et d'une complexité notable. De plus, Corinna a écrit une publication scientifique pour présenter les résultats de ses réalisations qui sera bientôt publiée, en collaboration avec le Docteur Javier FLUJIA SANMARTIN, le professeur Devis TUIA et le Docteur Marc RUSSWURM. Le CREALP félicite à nouveau Corinna pour ce prix bien mérité !

Nous sommes fiers d'avoir eu Corinna dans notre équipe et sommes ravis que ses talents et ses efforts aient été

reconnus par cette distinction académique en Valais. Pour plus d'informations: Assemblée générale 2023 et remise des Prix Académiques — Société Académique du Valais



© Société académique du Valais

FINANCES

BILAN AU 31 DÉCEMBRE 2022

	2022	2021
ACTIF		
Actif circulant		
Trésorerie	26'440	340'817
Créances nettes résultats de prestations de service	1'114'851	1'023'805
Actifs de régularisation	34'259	24'616
Total de l'actif circulant	1'205'550 CHF	1'389'238 CHF
Actif immobilisé		
Immobilisations corporelles	58'001	2
Total de l'actif immobilisé	58'001 CHF	2 CHF
TOTAL DE L'ACTIF	1'263'551 CHF	1'389'240 CHF

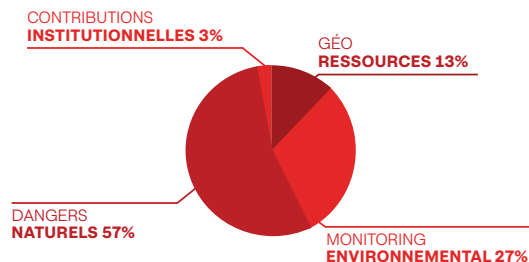
PASSIF

Capitaux étrangers à court terme		
Dette résultant de l'achat de biens et de prestations de service	219'361	79'626
Passifs de régularisation	50'494	111'119
Total des capitaux étrangers à court terme	269'855	190'743
Capitaux étrangers à long terme		
Provision recapitalisation caisse de prévoyance	58'326	79'040
Provision restructuration	128'500	150'000
Total des capitaux étrangers à long terme	186'826	229'040
Total des capitaux étrangers	456'681 CHF	419'783 CHF
Capitaux propres		
Capital de base	100'000	100'000
Capital lié	52'400	60'000
Capital libre	616'711	775'131
Résultat annuel	-162'242	34'325
Total des capitaux propres	806'870 CHF	969'456 CHF
TOTAL DU PASSIF	1'263'551 CHF	1'389'240 CHF

* Présentation des comptes selon la norme Swiss GAAP RPC 21

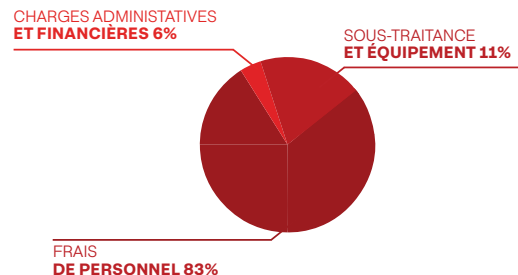
COMPTE DE PROFITS ET PERTES POUR 2022

	2022	2021
PRODUITS		
GéoRessources	245'796	217'853
Prestations de services	245'796	217'853
Contributions, aides-financières	-	-
Monitoring environnemental	544'834	979'838
Prestations de services	519'834	898'224
Contributions, aides-financières	25'000	81'614
Dangers naturels	1'084'899	986'006
Prestations de services	869'926	986'006
Contributions, aides-financières	214'973	-
Contributions institutionnelles	60'000	60'000
Ajustement provision pertes sur débiteurs	-6'371	-4'633
Autres produits	-	22'000
TOTAL PRODUITS	1'929'159 CHF	2'261'065 CHF



CHARGES

Charges de matériel	96'814	142'111
Frais de personnel	1'751'049	1'833'019
Autres charges d'exploitation	124'104	76'602
Charges d'administration	117'732	119'386
Amortissement	6'386	3'859
TOTAL CHARGES	2'096'085 CHF	2'174'977 CHF
Résultat d'exploitation	-166'926 CHF	86'086 CHF
Résultat financier	1'340	-3'405
Résultat exceptionnel	2'999	61'645
RÉSULTAT ANNUEL avant allocations du capital de l'organisation	-162'587 CHF	144'326 CHF
Attributions capital lié	-2'400	-50'000
Attributions capital libre	2'745	-60'000
RÉSULTAT ANNUEL	-162'242 CHF	34'325 CHF



* Présentation des comptes selon la norme Swiss GAAP RPC 21



EXPERTISE



EAU ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

VALLON DE RÉCHY

Étude, suivi et instrumentation environnementale du Vallon



Le Vallon de Réchy de par sa proximité, sa taille, ses caractéristiques physiographiques et hydrologiques constitue un site d'observation naturel privilégié pour l'étude des systèmes hydrogéologiques alpins dans un contexte de changement climatique.

A la faveur de différents projets cantonaux et travaux académiques, ce site fait l'objet d'une surveillance environnementale (observations hydrologiques, météorologiques, nivologiques, géochimiques) continue depuis plus de 10 ans. Les données récoltées ont permis d'améliorer les connaissances et la compréhension des processus hydrologiques et hydrogéologiques de ce bassin et des milieux alpins en général. Depuis 2020, différentes circonstances techniques (abandon de la norme de communication 2G) et économiques (rachat de la société Sensorscope avec cessation de ses activités de fabrication et vente à l'externe d'équipements de

mesure) ont remis en question la pérennité du réseau de monitoring déployé dans le vallon. Afin de maintenir la continuité des observations, qui est essentielle pour les études hydrogéologiques et de permettre l'analyse des évolutions ainsi que des tendances à moyen et long terme sous contrainte climatique, le CREALP, en collaboration avec le canton du Valais et l'université de Neuchâtel, s'est engagé à remettre à niveau les installations de mesure. Le vallon de Réchy étant par ailleurs un espace naturel protégé, la remise à niveau du réseau de surveillance permettra une meilleure intégration paysagère des équipements de mesure. En 2022, le CREALP a démonté les installations obsolètes et défini les nouvelles stations de mesures météorologiques et hydrologiques de l'Ar du Tsan qui seront installées en 2023.

ATENUATE

Impacts du changement climatique en haute montagne : ressources en eau et dangers naturels

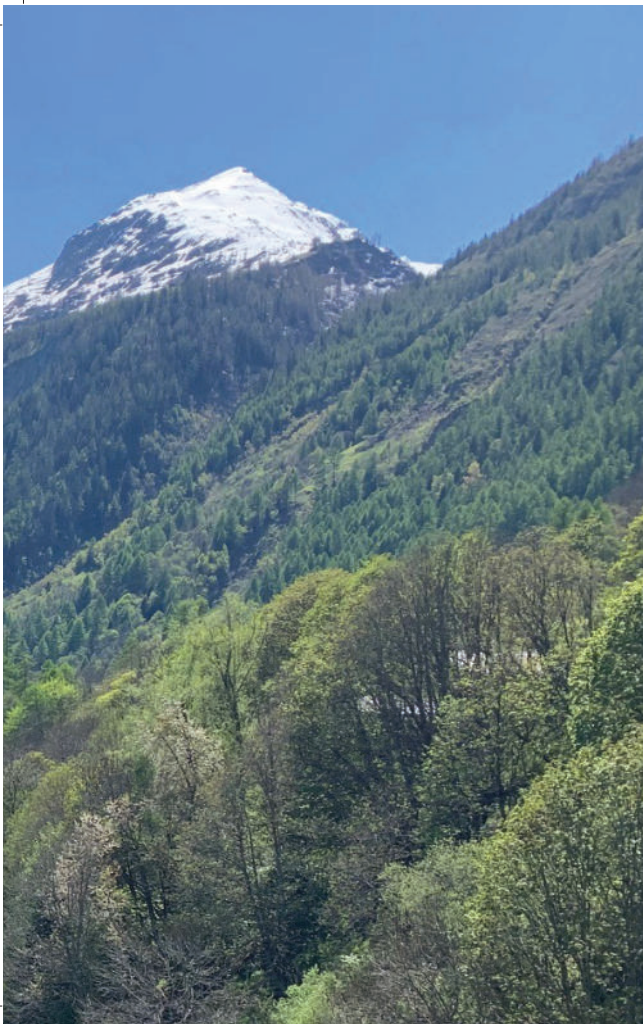
Les milieux de montagnes sont particulièrement sensibles au changement climatique. On s'attend à des changements en quantité et en qualité des ressources en eaux de surface et souterraines et à une augmentation des dangers naturels en fréquence et en amplitude. Le projet a pour objectifs (1) d'améliorer les connaissances sur l'hydrogéologie des glaciers rocheux et des zones de pergélisol qui est encore aujourd'hui très peu comprise et (2) d'informer le grand public sur l'avancée des connaissances actuelles sur les impacts du changement climatique en haute montagne au niveau des ressources en eaux et des dangers naturels et sur les enjeux associés.

Tâches effectuées par le CREALP en 2022 :

- Encadrement du projet de Master sur l'hydrogéologie du glacier rocheux des becs de Bosson ainsi que sur son importance en terme d'apport d'eau au vallon de Réchy et son évolution avec le changement climatique.
- Création, en collaboration avec la Haute école pédagogique (HEP) Valais et du Service de l'Enseignement, d'un atelier sur l'eau en Valais qui sera testé dans les écoles en 2023. Cet atelier reprend la logique de la fresque du climat et de l'eau, adapté aux spécificités régionales.







MONITORING ENVIRONNEMENTAL

Dans les territoires à enjeux, le monitoring environnemental vise à adresser différents buts : la gestion des ressources, la réduction des impacts, la maîtrise des risques.

Pour répondre à ces objectifs, le CREALP développe une activité pluridisciplinaire couvrant un large champ d'application et s'appuyant sur des disciplines complémentaires telles que : l'hydrologie, l'hydrogéologie, la modélisation, les outils de simulation et d'aide à la décision, analyse de données et méthodes géostatistiques, (géo-)informatique.

Les activités déployées couvrent la mise en œuvre de réseaux de monitoring (systèmes de mesures, gestion des données, etc.), le développement de nouveaux outils informatiques pour la diffusion et l'exploitation des données d'observation permettant de vérifier et suivre l'état des ressources à l'échelle d'un territoire et au droit de sites à enjeux, l'analyse de risque via l'élaboration d'outils d'aide à la décision et le pilotage des actions nécessaires à la gestion du risque et des ressources à différentes échelles (cartes, indicateurs, etc.).

DANGERS NATURELS

SURVEILLANCE DES **GLACIERS DANGEREUX** EN VALAIS

Dans le cadre d'un consortium (gl2), le CREALP participe à la surveillance des glaciers dangereux en Valais. Le mandat vise à calculer un index de risque pour chaque glacier dangereux en Valais et de le garder à jour. Différentes mesures sont prises selon l'index de risque : pour un risque élevé, une surveillance journalière est mise en place à l'aide de caméras et/ou de radar interférométriques.

Pour un risque moyen, une surveillance hebdomadaire via des images satellites est instaurée ainsi qu'un survol biannuel en hélicoptère. Aucune mesure est jugée nécessaire pour les glaciers avec un faible index de risque. Le mandat prévoit qu'en cas de danger, les autorités cantonales soient informées pour prendre les mesures de protection nécessaires.

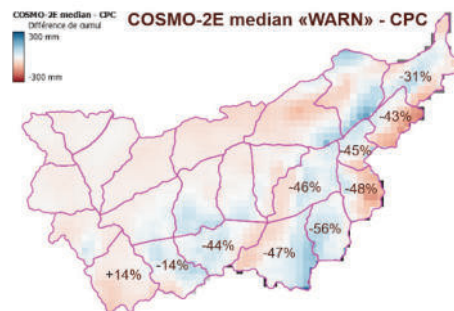
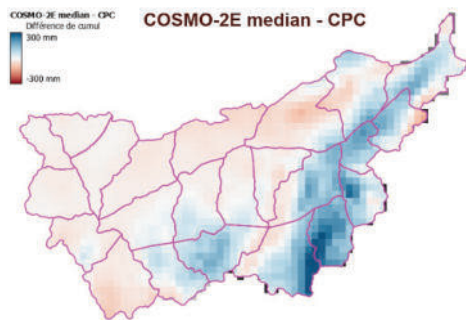


SYSTÈME MINERVE : DÉVELOPPEMENTS 2022

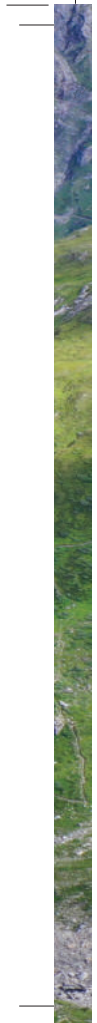
Système opérationnel de gestion et de prévision des crues

Au cours de l'année 2022, divers développements ont été effectués sur le système MINERVE de prévision des crues du Rhône. Parmi ceux-ci on compte une amélioration de la mise à jour des conditions initiales ainsi que de la gestion des interruptions des données météorologiques. Un développement notable est la nouvelle prévision WARN, réalisée uniquement en cas d'événement, qui a pour but de permettre de modifier de manière automatique (ou semi-automatique) les

inputs météorologiques lorsque les cumuls de précipitations annoncés par les prévisionnistes divergent des résultats des produits COSMO. Les prévisions COSMO présentent en effet certains biais, avec notamment une surestimation des cumuls de précipitations lors des situations de barrage. La nouvelle prévision générée par le CREALP utilise les bulletins d'alerte émis par MétéoSuisse pour corriger les prévisions de façon régionale.







GÉO-RESSOURCES

EXPLOITATION THERMIQUE NAPPE PHRÉATIQUE À SION

Les eaux souterraines présentes à faible profondeur (nappes phréatiques) constituent une ressource en eau largement exploitée pour la production d'eau potable, agricole ou encore industrielle. Dans les secteurs autorisés, l'eau des nappes phréatiques peut être également exploitée pour la production de chaleur ou de froid car ces eaux représentent une ressource thermique non négligable et permettent de réaliser des systèmes à bonne efficacité énergétique.

C'est le cas de la nappe phréatique de la plaine du Rhône qui constitue une ressource énergétique importante, renouvelable et facilement exploitable. Une utilisation durable et efficace de cette ressource géothermique nécessite toutefois la mise en place d'outils de gestion et de monitoring visant à garantir sa pérennité, tant en quantité qu'en qualité, et permettant de prévenir ou de réduire les risques de conflits d'usage de l'eau liés localement à une surexploitation de l'aquifère. C'est précisément l'objectif du projet réalisé par le CREALP sur mandat de OIKEN et qui ambitionne de mettre en place pour le compte de la commune de Sion un système d'information orienté Exploitation thermique de la nappe phréatique.

Cet outil s'intégrera pleinement dans une logique de plan de gestion de la nappe en permettant de :

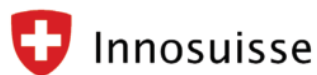
1. Dresser un inventaire informatisé et pleinement actualisable des installations de production (localisation, type, équipements techniques, etc.)
2. Mettre en place un concept de surveillance ciblé pour assurer un suivi des évolutions de la nappe phréatique à court et à long terme en lien avec l'utilisation de la chaleur de l'eau souterraine
3. Fournir les éléments de décisions nécessaires pour définir des objectifs et priorités clairs en matière de gestion de la nappe phréatique et assurer la conciliation des différents usages de l'eau

Ce projet, aisément exportable vers d'autres communes, fournira à l'autorité cantonale de gestion et de protection des eaux souterraines un modèle de données harmonisé. Les inventaires réalisés lors de la mise en place des plans communaux de gestion de la nappe phréatique pourront ainsi être consolidés au sein d'une base de donnée unifiée.



**INNOVATION,
RECHERCHE
ET DEVELOPPEMENT**





BRIDGE

Les projets d'innovation, de recherche appliquée ainsi que l'utilisation des nouvelles technologies (drones, Machine Learning, ODC...) nous permettent de proposer des produits de pointe qui visent à gérer les problématiques liées aux ressources (eaux, énergies) et aux dangers naturels.

Vous trouverez sur ces pages des projets offrant des nouvelles opportunités d'imaginer des solutions plus innovantes. Pour connaître un peu plus :

<https://crealp.ch/innovation-et-recherche-appliquee-2/>

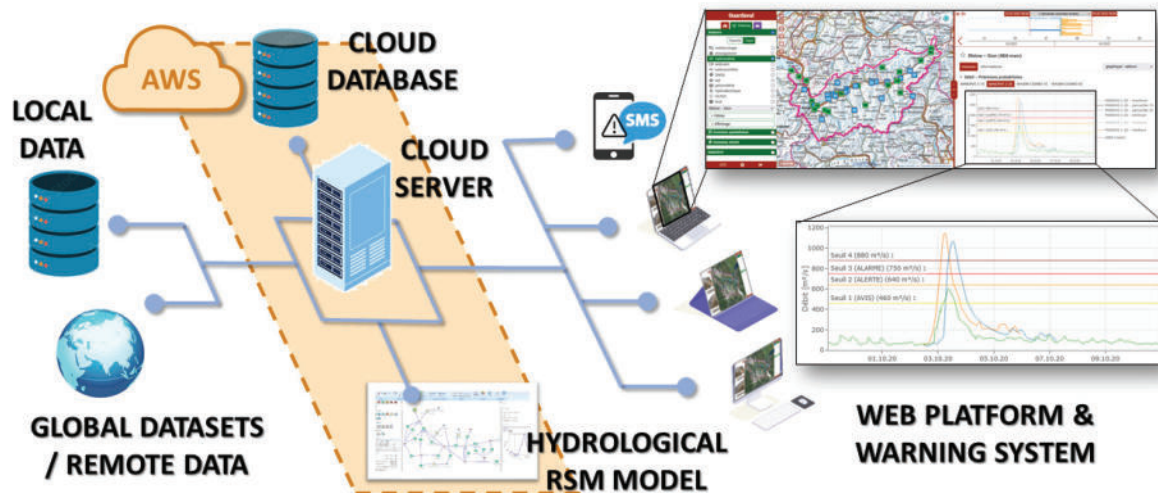
MODÉLISATION HYDROLOGIQUE

Dans son rapport 2022 sur les risques mondiaux, le Forum Economique Mondial (WEF) a identifié les risques liés à l'eau comme étant parmi les plus importants en termes d'impact et ceux-ci devraient s'intensifier à l'avenir en raison des changements climatiques, de la croissance démographique et des activités économiques. En parallèle, une myriade de données météorologiques à haute résolution spatio-temporelle et à couverture mondiale est désormais disponible en ligne, mais en raison de leur volume et complexité, leur potentiel est encore sous-exploité. Les progrès récents en matière de méthodes d'assimilation de données et de calcul sur le cloud permettent désormais le traitement en temps réel de ces larges jeux de données et offrent de nouvelles possibilités de fournir des informations environnementales fiables et opportunes pour la prise de décision.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet HyFORS, qui vise à mettre à profit les outils de simulation développés par le CREALP sur une plateforme en ligne pouvant effectuer des simulations hydrologiques et hydrauliques de manière opérationnelle et automatisée en tout point du globe en utilisant des données hydrométéorologiques globales et locales. HyFORS contribuera ainsi à la réduction des risques en permettant l'adoption plus large des systèmes de prévision hydrologique.

Ses capacités d'alerte précoce permettront aux sociétés hydroélectriques de mieux optimiser leur production et aux services d'urgence de mieux anticiper les situations critiques, de protéger les infrastructures et éventuellement d'évacuer la population.

Dr. Theo Baracchini a obtenu en 2022 un financement « *Bridge proof of concept* » du programme d'encouragement du Fond National Suisse (FNS) et d'Innosuisse pour son projet HyFORS. Ce programme finance les chercheurs dont les résultats présentent un potentiel pour un produit innovant.



BAGNES SOURCES 2100

Outils pour identifier les ressources en eaux souterraines stratégiques dans le contexte du changement climatique

Avec le changement climatique, la recharge des eaux souterraines dans les milieux alpins devrait augmenter en hiver et fortement diminuer au printemps et en été entraînant probablement une diminution de la quantité d'eau stockée et surtout une augmentation de la durée et de l'intensité des périodes de sécheresses. Ces situations de crises passagères ont pour conséquences potentielles l'apparition de conflits liés à l'usage de l'eau. Afin d'anticiper et de s'adapter au mieux à ces situations, le projet mené par le CREALP en 2021 et 2022 a permis de poser un diagnostic stratégique des ressources en eau disponibles afin d'identifier celles offrant une bonne durabilité comparée à celles fragilisées ou susceptibles de le devenir à court, moyen ou long terme.

Ce projet a permis le développement d'outils pour une gestion stratégique assurant la sécurité actuelle et future, tant quantitative que qualitative, de l'alimentation en eau potable.

Activités réalisées par le CREALP en 2022 :

- Collecte, analyse et traitement de données quantitatives et qualitatives des sources d'eau souterraine captées.
- Développement d'une méthodologie pour l'analyse de la sensibilité des sources d'eau souterraine à la sécheresse.
- Renforcement du réseau de mesures et mise en place du suivi continu des débits, conductivité électrique et température dans les captages d'eau potable.
- Analyse statistique et classification des sources en fonction de leur résistance à la sécheresse.
- Analyse qualitative du risque de pollution d'origine naturelle liée au milieu souterrain.
- Adaptation et calibration de modèles hydrologiques pour modéliser le débit de sources.
- Projections futures du débit des sources à l'horizon 2100 en intégrant différents scénarios de changements climatiques CH2018.
- Conseils aux gestionnaires de l'eau pour une meilleure gestion de la ressource.

MODÉLISATION GÉOLOGIQUE

Les roches fissurées qui forment la molasse du Plateau ainsi que dans les massifs de roches sédimentaires, métamorphiques et cristallines des Alpes couvrent la majeure partie du territoire suisse. Les aquifères qui siègent dans ces formations contribuent à près de 30% de l'eau potable produite en Suisse. Les pressions grandissantes d'origine naturelles et/ou anthropiques exercées sur cette ressource en eau, nécessitent le développement d'outils permettant de disposer d'une meilleure connaissance des masses d'eau souterraines sises dans les milieux fracturés afin d'en optimiser la gestion et la protection pour le futur. C'est l'objectif du projet FRACSYS élaboré en partenariat avec l'ISSKA qui vise le développement d'une nouvelle approche méthodologique pour la conceptualisation et la modélisation 3D des systèmes aquifères fissurés. A l'issue d'une présentation devant une commission d'experts, ce projet s'est vu octroyé en décembre dernier un soutien financier de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) dans le cadre du programme de Promotion des Technologies Environnementales.

SURVEILLANCE DE LA NAPPE

La télémesure est devenue une composante indissociable de la surveillance environnementale: elle permet d'obtenir à distance et en tout temps des mesures effectuées par un éventail de capteurs variés et disséminés sur des territoires étendus et/ou difficiles d'accès. Avec la démocratisation de la téléphonie mobile dans les années 2000, nombre de ces solutions de télémesure ont pris le pari d'exploiter la technologie du réseau cellulaire 2G/3G. Cependant, après celui de la 2G fin 2020, l'abandon de la norme 3G a été annoncé pour fin 2025. Ce choix technologique ne sera pas sans conséquences, techniques et financières, sur le fonctionnement des réseaux cantonaux de surveillance des eaux souterraines dont 50% des stations sont actuellement dotées de la télétransmission des données essentiellement basée sur la 3G. Pour éviter une obsolescence prématurée de ces équipements de mesure, le CREALP a proposé à un groupe d'étudiants-ingénieurs en systèmes industriels de la HES-SO Valais Wallis, de réfléchir à une solution permettant d'effectuer une adaptation (retrofitting) à moindre coût et durable des systèmes de mesure actuels. Ce travail, effectué dans le cadre d'un « Projet et gestion appliquée » (PGA), a permis d'aboutir à un premier prototype opérationnel low-cost, ne nécessitant aucune modification des équipements de mesure et basée la technologie de communication LoRa qui permettra de s'affranchir du réseau mobile.

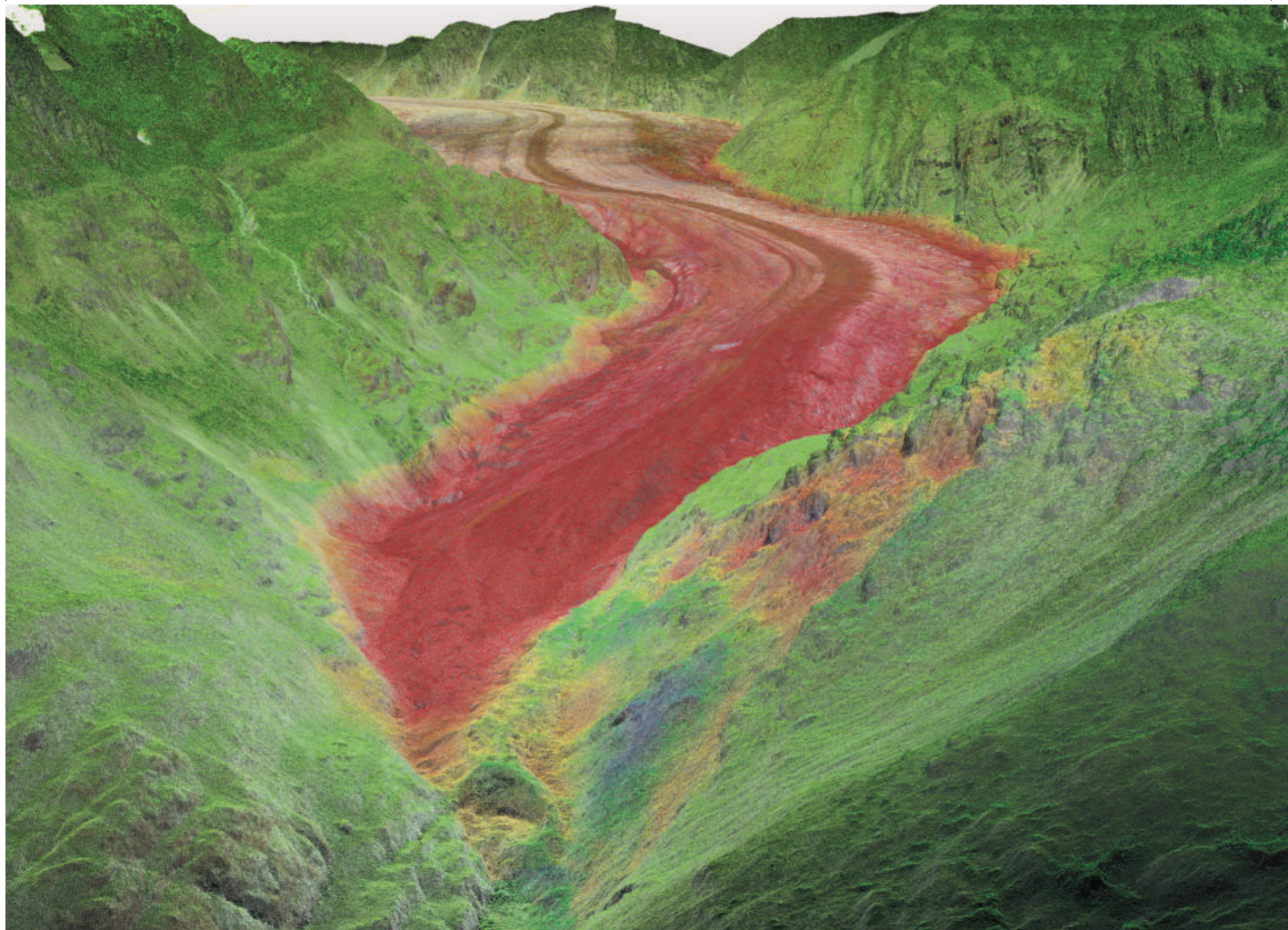
DRONE & AERIAL MONITORING PROGRAM

CREALP's expertise has expanded with the use of long-range drones and lightweight aircraft to monitor natural hazards and the environment in the challenging terrain of Valais's mountain ranges. These aerial platforms are equipped with ultra-high-resolution RGB and precise PPK positioning, enabling them to capture high-definition images of the mountains' cliffs, narrow valleys, and cover whole catchments of the region. The multi-date datasets obtained by these aircraft are used to reconstruct accurate 3D surfaces of the natural environment in post-processing, detect slope changes such as precursory deformation, and quantify volumes of various environmental processes, such as landslides, rockfalls, debris flows, permafrost, avalanches, snow height, and even glacial loss.

These aerial platforms allow CREALP specialists to explore the use of innovative sensors, techniques, and analysis for different applications, including some of our poles of competence in natural hazards, snow hydrology, geomorphology, and remote sensing. The empirical data obtained through these interdisciplinary studies will provide a catalyst for more efficient management of natural hazards, more robust empirical models of environmental processes, public awareness, and more.

The ultimate aim of this project is to provide a comprehensive regional database of accurate photogrammetric surveys, complete with original images and 3D point clouds that can be used not only by CREALP experts but also by public authorities, external researchers, practitioners, and even the public. This program's outcome will not only enhance the understanding of natural hazards and the environment in the Valais region, but it also aims to contribute to the development of more effective strategies to monitor the environment and manage natural hazards in mountainous regions.







MANDATS INSTITUTIONNELS



SURVEILLANCE DE LA RESSOURCE "EAU"

La surveillance des eaux souterraines et des eaux superficielles revêt une importance capitale en vue d'une gestion durable et d'une préservation efficace de la ressource essentielle qu'est l'eau. Elle a pour objectif de collecter des données de base permettant de contrôler en continu ou de manière périodique la qualité et la quantité des eaux de la nappe phréatique, des sources de montagne et des cours d'eau. Depuis près d'une vingtaine d'années, le CREALP s'engage activement aux côtés du Canton du Valais pour assurer cette surveillance. Cette mission est assurée via diverses tâches qui incluent :

- 1 - La gestion des réseaux de surveillance qui comprend l'installation et la maintenance des stations de mesure dédiées à la surveillance de la nappe phréatique (350), des sources de montagne (10) et des cours d'eau latéraux.
- 2 - La collecte des mesures via la récupération sur site et à distance des données d'observation, incluant les niveaux, la température et la conductivité électrique, ainsi que le prélèvement régulier d'échantillons d'eau pour contrôler la qualité chimique de la nappe phréatique.
- 3 - La gestion des données qui concerne le contrôle, le traitement et le stockage des données collectées afin de permettre d'assurer la qualité et l'exploitabilité des informations de base

nécessaires pour évaluer les tendances, les variations saisonnières et identifier les éventuels problèmes de qualité ou de quantité d'eau.

4. La valorisation et la diffusion des données via la publication sous forme de données brutes et de produits élaborés (p.ex. cartes piézométriques) sur les portails d'information cantonaux GUARDAVAL (Guardaval) et STRATES-VS (STRATES-VS), permettent la mise à disposition des résultats de la surveillance aux autorités de gestion cantonales et communales, aux praticiens, aux chercheurs et au public.

En pratique, une gestion optimale des ressources en eau est directement dépendante de l'état des connaissances disponibles. De même, une gestion et une exploitation durables de cette ressource passent par des mesures de surveillance et de protection. Ces objectifs sont au cœur de la surveillance cantonale des eaux souterraines et superficielles, à laquelle le CREALP participe activement. Au fil des ans, une véritable expertise s'est développée en interne dans ce domaine.



DANGERS HYDROLOGIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES

Outre l'objectif de préservation de la ressource « Eau » en quantité et en qualité, la surveillance des eaux souterraines et superficielles vise également à anticiper les éventuelles situations à risques telles qu'inondations de surface, inondations et/ou pollutions localisées par remontées de nappe, sécheresses, etc. Ce type de surveillance a pour d'objectifs d'évaluer, prévenir et, le cas échéant, atténuer les risques potentiels associés à ces phénomènes dont la multiplication est flagrante ces dernières années et qui peuvent être perçus comme autant d'indices du changement climatique. Dans ce domaine et sur mandats du Canton, le CREALP est chargé de la mise en place des processus et de l'élaboration des outils d'aide à la décision qui participent à la gestion de ce type de danger. La surveillance du danger EAU prend différentes formes:

1 - Surveillance hydrologique et météorologique : les équipes du CREALP assurent un processus de veille continue qui a pour objectif de contrôler en temps réel les données disponibles (observations, prévisions) relatives aux niveaux d'eau (cours d'eau, lacs d'accumulation, nappe phréatique, sources), aux débits (cours d'eau, sources), à la météorologie (pluie, neige, températures). Cette veille vise à prévoir les risques (inondations, remontées de nappe, étiages, etc.) sur les secteurs à enjeux suffisamment tôt pour anticiper les conséquences de ces phénomènes et permettre aux autorités de gestion de prendre les mesures nécessaires.

2 - Système d'alerte précoce : le CREALP est en charge du développement et de la maintenance du système de surveillance GUARDAVAL qui, en tant que système d'alerte précoce pour les inondations, utilise les données fournies par les réseaux d'observation et par les modèles de prévision pour détecter les scénarios à risque et fournir aux autorités cantonales et au public concerné (p.ex. communes) les éléments de décision nécessaires pour gérer les situations de crise.

3 - Service d'information : parallèlement aux activités de veille hydrométéorologique et au développements d'outils d'aide à la décision, le CREALP a été sollicité par le Canton à différentes reprises durant l'épisode de sécheresse hydrologique 2022 pour fournir une expertise de la situation sous forme de bulletins faisant état de la situation météorologique et de l'état des niveaux des eaux souterraines et superficielles ainsi que des évolutions attendues.

PRÉAVIS

Les nouvelles constructions, ainsi que les modifications ou réfections de constructions existantes situées dans des zones à risque ou nécessitant une protection, doivent respecter les conditions établies par les services cantonaux compétents. Dans le cadre de telles activités, le CREALP fournit un soutien institutionnel de longue durée à divers services cantonaux, notamment le Service des dangers naturels (SDANA) et le Service de l'environnement (SEN). Notre institution soutient le SDANA pour la gestion des préavis de construction et des demandes d'information concernant les zones de danger d'inondation du Rhône. De plus, notre fondation donne aussi son appui au SEN pour le suivi des dossiers d'approbation des zones, des périmètres et des secteurs de protection liés aux captages d'eau potable, ainsi que pour la création de directives d'exécution cantonales destinées aux communes et aux bureaux d'étude.







ÉVÈNEMENTS



CARTOGRAPHIE DANGERS

Avril 2022 - Châteauneuf

Nos spécialistes ont eu l'opportunité de participer à une journée de discussions avec les bureaux d'études et le SDANA sur la cartographie des dangers géologiques. La journée a débuté par une série de présentations générales sur les géodonnées suivie d'une discussion sur l'évaluation du risque de chutes de pierres, la détermination du niveau de danger ainsi qu'à la cartographie des risques d'éboulement. Les discussions se sont poursuivies sur la modification du niveau de danger après la mise en place de mesures de protection.

Cette journée de réflexion a également permis d'aborder d'autres thèmes, tels que l'utilisation de la matrice Matterock pour évaluer la probabilité d'occurrence d'instabilités de falaise, l'incompatibilité des cartes d'intensité avec d'autres méthodes à l'échelle nationale, la complexité de la génération des périmètres de danger, ainsi que les problèmes rencontrés avec des outils SIG pour la création de ces périmètres. Les participants ont salué l'initiative du SDANA et espèrent avoir l'opportunité de participer à d'autres événements similaires à l'avenir. Nous remercions encore une fois les organisateurs !

FOWA INNOVATION DAY

Mai 2022 - Zurich

Le 5 mai, le Service des eaux de Zurich a organisé une journée de présentation des projets du Fonds de recherche pour l'eau (FOWA). La Dre. Marie Arnoux a présenté le projet *"Outils pour l'identification des ressources en eaux souterraines stratégiquement importantes dans le contexte du changement climatique"* basé sur l'étude du Val des Bagnes. Ce projet a pour objectifs de développer une méthodologie pour l'identification des ressources en eau stratégiques pour un approvisionnement durable et l'amélioration des connaissances des impacts du changements climatique sur les sources. Les discussions ont souligné l'importance de la prise de mesure continue et des études dans le domaine de l'approvisionnement en eau pour assurer une gestion durable face aux défis du changement climatique. Cette journée de présentation marque une étape significative dans la promotion d'une approche proactive pour la gestion de l'eau, en favorisant les échanges entre experts, professionnels et participants intéressés.

3ÈME CORRECTION DU RHÔNE

Mai 2022 - Viège

La 3ème correction du Rhône est l'un des plus grands projets d'aménagement hydraulique de Suisse et offre une protection durable contre les crues pour la vallée du Rhône dans les cantons du Valais et de Vaud. Près de Viège, les dommages potentiels s'élèvent à plus de 2 milliards de CHF sur un espace restreint, raison pour laquelle une première étape principale de la 3ème correction du Rhône est déjà en grande partie réalisée. La manifestation d'un jour et demi organisée à Viège par la commission pour la protection contre les crues (CIPC) de l'ASAE offre un aperçu des problèmes et des solutions possibles lors de la réalisation de ce grand projet

d'aménagement fluvial situé dans une région densément peuplée avec un passé, un présent et un avenir industriels. Le premier jour, des spécialistes éclaireront le sujet sous différents angles par des présentations.

Notre spécialiste Dr. Romain Sonney a effectué une présentation dont l'objectif était de mettre en avant les relations hydrodynamiques entre le Rhône et la nappe et les potentiels effets du projet R3 sur ces échanges, comment nous les suivons (monitoring, outil ORCA développé par le CHYN) et quels les sont les enjeux (biens à protéger)



ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU CREALP

Juin 2022 - Sion

Le 2 juin 2022, s'est déroulée au Spot, à Sion, l'Assemblée Générale annuelle du CREALP, qui a rassemblé les membres du Conseil de Fondation (CF), du Groupe d'appui techno-scientifique (GATS) et les collaborateurs de la fondation. Au cours de cet événement, les membres du CF ont d'abord approuvé les comptes de l'année précédente et on discuté les projets en cours au CREALP, ainsi que les axes de travail actuels. Ils ont également décidé de lancer une feuille de route visant à consolider la stratégie de la fondation pour l'avenir, à travers une démarche participative accompagnée par le cabinet spécialisé Compas Management. Cette approche permettra d'élaborer une intention stratégique durable en renforçant simultanément la mission, la vision et les valeurs de la fondation.

Après l'accueil chaleureux des membres du GATS et des collaborateurs de la fondation, le directeur et le président ont pris la parole pour souhaiter la bienvenue et prononcer les mots d'ouverture de la deuxième partie de l'assemblée. Les responsables de filière du CREALP ont ensuite présenté les projets en cours dans les domaines des dangers naturels, du monitoring environnemental et des géo-ressources. Ensuite, les participants ont été invités à visiter les lieux, le Sion Pôle des Théâtres (Spot), qui abrite le Théâtre de Valère et le Petithéâtre de Sion sous une même structure artistique. La journée s'est poursuivie avec

des échanges fructueux et des opportunités de réseautage, accompagnés d'un apéritif dînatoire exquis.

Globalement, cette Assemblée Générale a été l'occasion de présenter une synthèse de nos activités actuelles, de réfléchir aux activités futures et de renforcer les liens entre les différents acteurs du CREALP.



EPFL IIE GREEN DAYS

Juin 2022 - Anzère

Le directeur du centre a été invité à réaliser une présentation institutionnelle du CREALP lors des "IIE Green days" de l'Institut d'Ingénierie de l'Environnement de l'EPFL le 16 juin 2022. La contribution, intitulée "Présentation du Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin (CREALP) en Valais : institution de référence pour les applications en sciences de la Terre et de l'Environnement depuis 1968", a permis de présenter les activités du CREALP à plus de 60 chercheurs de l'EPFL.

L'événement "IIE Green days" est une rencontre annuelle en dehors du campus qui met l'accent sur les activités de recherche menées au sein d'un institut regroupant une vingtaine de groupes et laboratoires spécialisés dans le domaine de l'environnement. Cette occasion a favorisé des échanges d'informations fructueux et pourrait ouvrir la voie à de futures collaborations en lien avec l'implantation récente de l'ALPOLE en Valais. Nous tenons à remercier chaleureusement les organisateurs de nous avoir invités à cet événement, et nous saisissons cette opportunité pour exprimer notre profonde gratitude envers les profs Andrew Barry, Andrea Rinaldo et Claudia R. Binder pour leur accueil chaleureux et leur généreuse invitation à participer à cette excellente journée.

JOURNÉE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE **D'HYDROGÉOLOGIE**

Juin 2022 - Münchenstein

Le CREALP a participé à la Journée annuelle de la Société suisse d'hydrogéologie le 10 juin 2022 à Münchenstein, dans le canton de Bâle-Campagne. Cette journée qui réunissait des scientifiques, des praticiens et des fonctionnaires actifs dans le domaine de l'hydrogéologie en Suisse, a permis d'aborder des questions fondamentales concernant les zones de protection des captages, avec des présentations générales, des exemples de cas et une table ronde. Les débats ont notamment porté sur les objectifs de protection des eaux souterraines, l'intégration de la géologie 3D, l'effet protecteur de la zone non saturée, ainsi que sur les nouvelles stratégies de surveillance et d'intervention pour faire face aux défis posés par l'augmentation de l'utilisation du territoire et les nouvelles substances.

Le CREALP qui fournit depuis plusieurs années un appui au SEN dans le cadre de la procédure d'approbation des zones de protection des captages et la mise à jour de la carte cantonale de protection des eaux souterraines, est directement concerné par les problématiques abordées durant cette journée.

POINT CLOUDS IN THE **GEOSCIENCES**

Juin 2022 - Rennes

Dr. Antonio Abellan, along with other renowned international experts, was invited to participate in the summer school "Point Clouds and Change Detection in the Geosciences" held in Rennens (FR) in June last year. The course, designed for early-stage researchers, focused on modern point cloud processing techniques, the utilization and development of open-source software and tools, and the management of uncertainties in change detection.

The rapid advancements in aerial and terrestrial 3D remote sensing methods, combined with innovative data processing techniques utilizing Structure-from-Motion (SfM) workflows derived from computer vision, are significantly enhancing our understanding, visualization, and modeling of Earth's surface processes. In line with these initiatives, we are actively leveraging our drone and aerial monitoring program to ride this wave of progress (see "innovation" section in our activity report).

Special appreciation goes to the organizers of the event, Paul Leroy, Dimitri Lague, and Bodo Bookhagen, for their outstanding efforts.

STRATÉGIE EAU DE LA **VILLE DE SION**

Octobre 2022 - Sion

Les changements climatiques s'accroissent et ont des conséquences de plus en plus marquées notamment sur l'approvisionnement en eau potable. Il est nécessaire d'anticiper la gestion multifonctionnelle de l'eau pour une meilleure planification. Le CREALP, la Ville de Sion et le distributeur multi-énergie du Valais central OIKEN ont présenté aux médias le lundi 24 octobre 2022 la stratégie eau de Sion qui se concentre sur l'eau potable et qui s'articule autour de 5 axes : rassembler les informations, comprendre l'origine, gérer l'approvisionnement, anticiper les changements et informer les citoyens. Notre hydrogéologue, le Dr. Romain Sonney a présenté à cette occasion les différentes ressources en eaux souterraines existantes à Sion et leur vulnérabilité (quantité et qualité).

La Dre. Marie Arnoux, hydrogéologue au CREALP et spécialiste des effets du changement climatique sur les ressources en eaux souterraines, a également apporté son expertise pour la présentation de cette stratégie au grand public. Il reste maintenant à la ville de définir comment cette stratégie sera concrètement appliquée. Certains médias tels que RhôneFM, Canal9 ou bien encore Le Nouvelliste ont fait écho de cette présentation. Si vous souhaitez en savoir plus :

<https://www.eaudesion.ch/strategie2022/>

Une stratégie pragmatique en 5 axes

★ | SION

crealp
///

COIKEN



SWISS GEOSCIENCES MEETING

Novembre 2022 - Lausanne



Cette année, de nombreux collaborateurs du CREALP ont pris part à la 20ème édition du "Swiss Geoscience Meeting" qui s'est déroulée du 18 au 20 novembre 2022 à Lausanne. L'événement a été organisé conjointement par la Faculté des géosciences et de

l'environnement de l'Université de Lausanne, le Musée cantonal de géologie et la Plate-forme Géosciences de l'Académie suisse des sciences naturelles (SCNAT).

Le samedi 19 novembre, pas moins de 27 symposiums scientifiques ont eu lieu, couvrant une large gamme de thèmes en géosciences, tels que l'hydrosphère, la cryosphère, l'anthroposphère et les dangers naturels. Cet événement a offert un cadre idéal pour les échanges informels et les discussions entre les participants, lors des sessions de posters, des pauses-café, du repas, et ainsi de suite. Nous sommes impatients de participer à la prochaine édition qui aura lieu à Mendrisio (TI).

Bedload monitoring using seismic sensors

*Eric Travaglini 1, Bastien Roquier1, Tristan Brauchli 1,
Florent Gimbert 2, Joseph Moerschel 3, Antonio Abellan 1
1 Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin, Rue de l'industrie 45,
1950 Sion (crealp@crealp.vs.ch)
2 Institut des Géosciences de l'Environnement UGA-IGE, CS 40700,
38058 Grenoble Cedex 9
3 HES-SO Valais-Wallis, Rue de l'industrie 23, 1950 Sion*

From observations to crisis management: developments of the MINERVE operational flood forecasting system for the canton of Wallis

*Theo Baracchini 1, Tristan Brauchli 1, Bastien Roquier 1,
Antonio Abellán 1
1 Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin CREALP, Rue de
l'industrie 45, 1950 Sion (theo.baracchini@crealp.vs.ch)*

Mountain springs and climate change

*Marie Arnoux 1, Romain Sonney 1, Alexandre Gillioz 2
1 Centre de recherche sur l'environnement Alpin (CREALP), CH-1950
Sion (marie.arnoux@crealp.vs.ch)
2 ATIS, CH-1934 Le Châble*

COURS UNIVERSITAIRES

2022 - Lausanne et Berne

Le CREALP s'implique activement dans la formation des futurs ingénieurs et spécialistes en environnement en Suisse. Durant l'année 2022, Tristan Brauchli a donné un cours théorique suivi d'un exercice pratique sur la modélisation hydrologique et la prévision des crues dans le cadre du cours Hydrologie urbaine du master en Sciences et ingénierie de l'environnement à l'EPFL. Grâce à Luca Rossi, enseignant et spécialiste en gestion intégrée des eaux, les étudiants ont pu découvrir le logiciel de simulation hydrologique RS-MINERVE et s'initier à la résolution de problèmes concrets liés à la gestion de l'eau en milieu urbain. Tristan Brauchli a également eu l'opportunité de présenter les nombreuses facettes du métier d'hydrologue aux étudiants de l'Université de Berne dans le cadre du cours "Applied hydrology and modelling". Le CREALP remercie la Prof. Bettina Schaepli de nous avoir donné l'opportunité de montrer quelques aspects concrets de notre travail quotidien aux étudiants.

AVERTISSEMENTS MÉTÉOSUISSE

Décembre 2022 - Lausanne

Dans le cadre de la veille hydrométéo pour évaluer en temps réel la situation hydrométéorologique et d'analyser les prévisions qui en découlent, le CREALP est convié à la Conférence Warn, organisée par les services spécialisés de la Confédération en charge des dangers naturels. L'événement, qui s'est tenu le jeudi 1er décembre 2022 à Lausanne, a couvert plusieurs thématiques telles qu'une rétrospective annuelle des avertissements de MétéoSuisse, un partage d'informations des services spécialisés de la Confédération, et un atelier sur le thème "Ensemble, limitons les conséquences des dangers naturels". Les données météorologiques fournies par MétéoSuisse, telles que les précipitations, la température et la neige, sont essentielles pour plusieurs de nos prestations. Participer à cette journée de rencontre est donc primordial pour rester informé des dernières innovations en matière de traitement et de diffusion des alertes météorologiques.

BLUEARK CONFÉRENCE : SMARTWATER

Décembre 2022 - Châble

La 3ème édition de la conférence Smart Water a eu lieu le 1er décembre 2022 au Châble. Réunissant quelques 200 personnes, l'événement s'est intéressé à différentes thématiques liées à la gestion de l'eau et à sa digitalisation. Il a notamment été question de gestion et d'adaptation aux risques hydrologiques, de digitalisation dans le domaine de l'hydroélectricité et du concept de la ville-éponge. Cette année, le CREALP a eu la chance d'apporter différentes contributions tout d'abord lors du workshop intitulé Adaptation aux extrêmes hydrologiques : concepts, instruments et en organisant ensuite une table ronde afin de répondre à la question suivante : Intensification des événements pluvieux : comment les collectivités publiques peuvent-elles se préparer?

Présentation : Bastien Roquier a présenté l'histoire et les développements récents du système opérationnel de prévision et de gestion des crues du Rhône. Le système MINERVE (Modélisation des Intempéries de Nature Extrême du Rhône Valaisan et de leurs Effets) reste une composante essentielle de la procédure de gestion des risques hydrologiques du canton du Valais. Il est depuis plusieurs années un des projets phare du CREALP.

Table ronde : Ce débat, qui a clôturé la journée, s'est intéressé à la question de l'intensification des précipitations due aux changements climatiques et aux impacts pour les communautés publiques. Plusieurs événements extrêmes récents ont mis en lumière la vulnérabilité des collectivités publiques



faces aux orages et pluies intenses. Les différents intervenants ont partagé leurs connaissances ainsi que leur expérience afin d'aider les collectivités publiques à s'adapter à ce nouvel aléa. Le CREALP tient à remercier les différents intervenants pour leur contribution et la richesse de la discussion :



- Régine Bernard, modératrice de la table ronde, directrice de Biol Conseils
- Marc Choffet, Etablissement cantonal d'assurance des bâtiments, Fribourg
- Christophe Joerin, Chef du service de l'environnement, Etat de Fribourg
- Raphaël Marclay, conseiller municipal de la Ville de Sion
- Raphaël Mayoraz, Chef du Service des Dangers Naturels, Etat du Valais
- Mikhaël Schwander, prévisionniste chez MétéoSuisse

Les échanges entre professionnels ont été encouragés tout au long de la journée notamment grâce à un espace dédié aux bureaux d'ingénieurs. La journée était organisée par le Pôle d'Innovation BlueArk Entremont, en collaboration avec le CREALP, les Universités de Berne et de Lausanne, la HES-SO Valais-Wallis et l'Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA. Le CREALP est heureux de faire de cette conférence un rendez-vous incontournable pour les professionnels de l'eau en Suisse romande.

BlueArk Challenge : projet en collaboration avec HYDRO Exploitation SA. Nous avons proposé un outil de gestion multifonctionnelle des ressources en eau et de quantification de la valeur de l'eau pour la commune d'Agent.

MÉDIAS

Durant les épisodes de sécheresse de l'été 2022 et hiver 2023, le CREALP a été sollicité à différentes reprises par le Canton pour fournir une analyse de la situation hydro-météorologique faisant état des précipitations ainsi que des fluctuations du débit des cours d'eau et du niveau des eaux souterraines. Quel bilan tirer de 2022 ? pour ce qui concerne les eaux souterraines, les niveaux de nappe phréatique observés durant l'année ont été, d'une manière générale, inférieurs à très inférieurs à la normale avec une situation particulièrement marquée de juin à décembre. Pour ce qui concerne les eaux de surface et les débits des cours d'eau, la situation hydrologique en 2022 a fortement varié en fonction du type de bassin versant. Nous avons pu observer des débits largement en dessus de la norme pour les bassins versants glaciaires affectés par la fonte (par exemple la Massa), et des bas débits records pour la plupart des autres bassins (tels que la Saltina). De manière générale, la baisse de débit liée au manque de précipitations et aux températures élevées s'est particulièrement fait remarquer au mois de septembre 2022. Cette situation fait écho aux projections issues des scénarios climatiques qui prévoient un déplacement de la période d'étiage de l'hiver à la fin de l'été.



IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LE RHÔNE

Octobre 2022 - Tribune de Genève

Alice Randegger, journaliste à la Tribune de Genève, a réalisé un reportage intitulé Comment le réchauffement climatique influence le débit du Rhône. Dans le cadre de cet exercice de vulgarisation scientifique approfondi, la journaliste s'est intéressée à différentes thématiques liées à l'eau tout au long du Rhône de sa source dans les Alpes à la Méditerranée ainsi qu'à la question de la gestion transfrontalière de l'eau entre la Suisse et la France. Afin d'étayer au mieux son propos, Alice Randegger a interviewé de nombreux spécialistes. Raphaël Mayoraz a par exemple parlé de l'évolution future des dangers naturels (pluies extrêmes, laves torrentielles) en Valais. Tristan Brauchli a pour sa part apporté son expertise sur les conséquences des changements climatiques sur les débits futurs du Rhône et de ses affluents. Il est notamment revenu sur l'année 2022, marquée par un manque de neige important en hiver et une saison estivale extrêmement chaude et sèche. Il a également discuté du rôle primordial du stockage de l'eau sous forme de neige et de glace et de son importance par rapport aux lacs de barrage.

SURVEILLANCE DES GLACIERS

Canal 9



Notre experte en glaciologie, la **Dre. Saskia Gindraux**, a pris part à l'émission intitulée "Surveillance des glaciers, des colosses en péril" diffusée sur Canal 9. Elle y a abordé ses activités liées à la surveillance des glaciers dangereux, menées en étroite collaboration avec le bureau d'études Geoformer igp SA.

Nous vous encourageons vivement à visionner cette émission ou à consulter la section intitulée "Dangers Naturels" de notre rapport d'activité annuel afin d'approfondir vos connaissances sur ce sujet d'actualité.



TRAVAUX ACADÉMIQUES

MSC CORINNA **FRANK**



Floods and droughts of the Rhône River in Switzerland are expected to occur more frequently with climate change, raising the need for an improved risk management. Rainfall-runoff modelling can thereby help decision-makers by providing forecasts of river flow for several days ahead. Using data-driven machine learning (ML) methods for this task instead of traditional process-based models has become increasingly popular, since they are faster to develop and have shown the potential to generate more accurate predictions. One of the most popular models at present is the Long Short-Term Memory Neural Network (LSTM) due to its power and the structural suitability for time-series data. This thesis aims to evaluate the performance of ML methods for rainfall-runoff forecasting of the Rhône river in Vallee de Conches, an alpine catchment in the canton of Valais, Switzerland, that is largely influenced by glacier and snow melt. To this end, a LSTM was developed for hourly river flow predictions of three days ahead, starting by optimizing the model on the sub-catchment Gletsch, before extending it to the neighboring sub-catchment. In high flow situations, the LSTM showed to be more powerful

than the process-based model MINERVE, which is currently in operation. Daily melting cycles of glacier and snow are represented more accurately by the LSTM. It was thereby found to be crucial to add past flow observations as input variable and to train with a loss on the full forecast window. For flood events, performance was comparable between LSTM and MINERVE: both under-estimate slightly the peak discharge. A further analysis revealed that in Gletsch, meteorological input variables can be aggregated into one glacial and one non-glacial zone of the catchment without decreasing performance. This allowed to extend the model on the neighboring subcatchment Goneri with comparable prediction accuracy when additional training is carried out. As demonstrated, the proposed LSTM setup can be applied directly to the studied catchment with sufficient accuracy, presenting an additional forecast that can support decision-making processes. It is recommended to further investigate the inside of the LSTM by employing explainability strategies. Disclosing the learned relationships can provide new insights into the governing hydrological processes, since the data-driven model was found to better reproduce glacier and snow melt.

MSC CORALINE BAUD



La fiabilité des prévisions de crues est un aspect essentiel de la gestion des risques d'inondation, car elle permet de réduire les effets destructeurs des événements extrêmes en optimisant la gestion des réservoirs et en donnant du temps pour les mesures d'urgence telles que des évacuations. De telles capacités prévisionnelles sont d'une importance capitale dans les zones montagneuses comme en Valais, où les crues peuvent avoir des impacts humains et économiques dévastateurs. A cet égard, le système MINERVE permet d'assurer un suivi et une prévision fiable du débit du Rhône, grâce à un système de prévision opérationnel capable de modéliser l'ensemble du bassin versant en amont du Léman. Dans ce cadre, de nouvelles approches innovantes de modélisation et assimilation des données ont été codées, testées et implémentées par Coraline Baud lors de son projet de master.

Le travail de Master de Coraline Baud, intitulé Hydrologic data assimilation for an operational flood forecasting & monitoring system a ainsi permis l'amélioration du système opérationnel de prévision des crues en Valais, principalement dans les bassins versants de la Sionne et de la Morge.



PUBLICATIONS



MODÉLISATION **HYDROGÉOLOGIQUE**

RELATION RHÔNE-NAPPE

Evolution de la connexion hydraulique entre le Rhône et la nappe phréatique (Région de Viège)

Oliver Masset, Centre d'hydrogéologie et géothermie de l'Université de Neuchâtel

Pierre Perrochet, Centre d'hydrogéologie et géothermie de l'Université de Neuchâtel

Romain Sonney, Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP)

Stéphanie Juestrich, Service des dangers naturels (SDANA)

Cet article présente la méthode d'analyse ainsi que les résultats d'une étude menée par M.Oliver Masset du CHYN-UNINE, en collaboration avec ses collègues du CREALP et du SDANA. L'article vise à étudier la connexion hydraulique entre le niveau du Rhône et la nappe dans les environs de Viège. Pour ce faire, elle repose sur un modèle mathématique indirect qui permet

de prédire les variations hydrologiques se propageant dans la nappe sous forme d'un signal piézométrique, calé sur la base des nombreuses données piézométriques. La transformation du signal simulée à l'aide de ce modèle mathématique dépend des propriétés hydrauliques du lit de la rivière et de l'aquifère afin d'étudier la variation de la conductance du lit du Rhône au fil du temps. L'un des paramètres clés du modèle est le coefficient de retard, qui décrit l'amortissement du signal causé par le lit du fleuve. Ce paramètre est ajusté afin de reproduire au mieux les valeurs piézométriques observées sur une période donnée.

La variation temporelle de ce coefficient de retard peut être interprétée en termes d'évolution de la connexion hydraulique entre le Rhône et la nappe phréatique, permettant ainsi de mieux décrire les éventuels impacts des travaux d'élargissement et d'approfondissement du lit du fleuve réalisés dans le cadre de la 3e correction du Rhône dans les environs de Viège.

HYDROLOGICAL FORECASTING **USING IA**

ORIGINAL RESEARCH article

Front. Water, 17 April 2023

Sec. Water and Artificial Intelligence

Volume 5 - 2023 |

<https://doi.org/10.3389/ffwa.2023.1126310>

This article is part of the Research Topic

Application of Artificial Neural Network Algorithms for
Hydrological Forecasting

[View all 4 Articles >](#)

Short-term runoff forecasting in an alpine catchment with a long short-term memory neural network

The governing hydrological processes are expected to shift under climate change in the alpine regions of Switzerland. This raises the need for more adaptive and accurate methods to estimate river flow. In high-altitude catchments influenced by snow and glaciers, short-term flow forecasting is challenging, as the exact mechanisms of transient melting processes are difficult to model mathematically and are poorly understood to this date. Machine learning methods, particularly temporally aware neural networks, have been shown to compare well and often outperform process-based hydrological models on medium and long-range forecasting. In this work, we evaluate a Long Short-Term Memory neural network (LSTM) for short-term prediction (up to three days) of hourly river flow in an alpine headwater catchment (Goms Valley, Switzerland). We

compare the model with the regional standard, an existing process-based model (named MINERVE) that is used by local authorities and is calibrated on the study area. We found that the LSTM was more accurate than the process-based model on high flows and better represented the diurnal melting cycles of snow and glacier in the area of interest. It was on par with MINERVE in estimating two flood events: the LSTM captures the dynamics of a precipitation-driven flood well, while underestimating the peak discharge during an event with varying conditions between rain and snow. Finally, we analyzed feature importances and tested the transferability of the trained LSTM on a neighboring catchment showing comparable topographic and hydrological features. The accurate results obtained highlight the applicability and competitiveness of data-driven temporal machine learning models with the existing process-based model in the study area.



GÉOTHERMIE

PROJET GÉOTHERMOVAL II

Potentiel géothermique à la base de la vallée glaciaire du Rhône (région Vétroz-Ardon)

Romain Sonney, Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP)

Marie Clausen-Luyet, CREALP

Michel Barras, OIKEN

Fabien Kuchler, OIKEN

Mario Sartori

Frank Philippossian, BEG SA - Géologie & Environnement

Jean-Claude Puech, RealTimeSeismic

Claudio Strobbia, RealTimeSeismic

Megan Nightingale, RealTimeSeismic

Henk van Paridon, Energieo

David Dupuy, Geo2X

Dans cet article publié dans le journal Aqua & Gas en avril 2022, nos spécialistes le Dr. Romain Sonney et Mme Marie Clausen-Luyet, mettent en lumière le potentiel géothermique de la région de Vétroz-Ardon, située dans la plaine du Rhône en Valais. Les dépôts torrentiels sous-glaciaires supposés ainsi que le rocher fracturé sous-jacent pourraient contenir des réservoirs d'une épaisseur cumulée de 200 à 350 m (à une



profondeur de 800 à 1150 m) avec des circulations hydrothermales possibles, alimentées par le réseau du système de failles Rhône-Simplon. Il existe également d'autres cibles potentielles dans les calcaires des nappes helvétiques qui s'ennoient sous l'auge glaciaire et qui pourraient être plus chaudes et plus profondes.

Les investigations géophysiques détaillées décrites dans cette publication, ainsi que le retraitement des anciennes lignes de sismique réflexion de 2013 établies dans le cadre du microzonage sismique spectral (MSS) du canton du Valais, ont considérablement amélioré les connaissances sur la géométrie du remplissage quaternaire de la vallée du Rhône à Vétroz-Ardon. Les nouvelles investigations fournissent une base scientifique solide et des informations essentielles sur la position, la profondeur et l'épaisseur des dépôts torrentiels sous-glaciaires (DTSG) et/ou morainiques.

Ces dépôts sont considérés comme des réservoirs aquifères potentiels, et les résultats de ces études ont également permis de mieux comprendre la limite Quaternaire-rocher. Cependant, pour confirmer la présence et la qualité de cette ressource, il est nécessaire de réaliser un forage de reconnaissance.

ABSTRACTS

IMPACTS OF CLIMATE CHANGE

13.1

Mountain springs and climate change

Marie Arnoux¹, Romain Sonney¹, Alexandre Gillioz²

¹ Centre de recherche sur l'environnement Alpin (CREALP), CH-1950 Sion (marie.arnoux@crealp.vs.ch)

² ALTIS, CH-1934 Le Châble

In Alpine valleys, drinking water comes mainly from mountain springs. Alpine regions are particularly sensitive to climate change, especially to decreasing snowfall and increasing periods of drought. Therefore, it is necessary to determine how these water resources will evolve in order to anticipate possible shortages. Thus, several springs located in the Val de Bagnes in Valais, for which flow rate data are available, have been selected. Two approaches were then combined: (1) the calculation of drought resistance indicators and (2) the hydrological modelling of spring flows with the latest climate projections for Switzerland. The water quality of the springs was also taken into account.

The results show the differences in the sensitivity of the springs and allow the identification of the strategic groundwater resources, less sensitive to temporary drought events.

This analysis also highlights the importance of developing a measurement network now, which is essential for future projections to anticipate and adapt drinking water management in Alpine regions



SEDIMENT TRANSPORT



Bedload monitoring using seismic sensors

Eric Travaglini¹, Bastien Roquier¹, Tristan Brauchli¹, Florent Gimbert², Joseph Moerschel³, Antonio Abellan¹

¹ Centre de Recherche sur l'Environnement ALPin, Rue de l'industrie 45, 1950 Sion (crealp@crealp.vs.ch)

² Institut des Géosciences de l'Environnement UGA-IGE, CS 40700, 38058 Grenoble Cedex 9

³ HES-SO Valais-Wallis, Rue de l'industrie 23, 1950 Sion

The mechanisms governing destructive events such as flash floods or debris flows are primarily linked to sediment transport, yet remain inadequately comprehended owing to their inherently stochastic nature, which is intricately linked to the abundance of sediment and grain size distribution within the riverbed and external supply. Thus, predicting and modeling sediment transport presents notable difficulties nowadays, as pointed out by both Recking et al. (2012) and Ancey (2020).

Scientifics at CREALP, in partnership with Tétraèdre and the University of Applied Sciences HES-SO Valais-Wallis, developed the SismoRiv solution (Travaglini et al. 2016), which uses seismic measurements to monitor bedload transport on the Navisence river in Zinal (VS). To assess the quality of the proposed solution, we placed several systems upstream of a calibrated Swiss Plate Geophones station (Nicollier et al. 2020). Indirect measurement systems installed at the site include: (a) the Sismoriv solution, which performs batch acquisition with

a 1D geophone at 300 Hz and offers wireless data transmission (3G), (b) the Raspberry Shake® with an embedded 1D geophone and continuous data acquisition at 100 Hz, and (c) the Digos DATA-CUBE, which allows seismic measurement at a frequency of 100 Hz using a 3D geophone. These systems were compared with well-established techniques for bedload transport monitoring (Swiss Plate Geophones system), and the results showed a relatively good agreement among the systems, confirming the potential of cost-efficient solutions such as SismoRiv or Raspberry Shake®.

Alpine Hazards: Early Detection, Monitoring, Warning, Modelling, Mitigation

HYDROLOGICAL + HYDRAULIC MODELLING

From observations to crisis management: developments of the MINERVE operational flood forecasting system for the canton of Wallis

Theo Baracchini¹, Tristan Brauchli¹, Bastien Roquier¹, Antonio Abellán¹

¹ Centre de Recherche sur l'Environnement Alpin CREALP, Rue de l'Industrie 45, 1950 Sion (theo.baracchini@crealp.vs.ch)

Le Dr. Theo Baracchini a présenté les derniers développements du système MINERVE au Swiss Geoscience Meeting 2022. MINERVE est un système complexe de prévision des crues du Rhône opéré depuis 2011 par le CREALP. Il fournit des alertes automatiques à une cellule de crise cantonale et est capable d'optimiser la gestion des aménagements afin de réduire les risques d'inondations. Dans cette conférence, un nouveau modèle hydrologique développé par le CREALP comprenant des non-linéarités dans la réponse hydrologique, a été présenté. Ce modèle est capable d'améliorer la performance du système sur divers bassins-versants, particulièrement lors d'épisodes de crues.

Au SGM 2022, un nouveau type de prévision, comprenant une correction pseudo-manuelle des prévisions COSMO de MétéoSuisse, a également été introduit. La méthodologie et l'impact d'une telle correction sur la distribution spatio-temporelle des précipitations a été dévoilé ainsi que les implications pour les prévisions hydrologiques du système MINERVE.

Alpine Hazards: Early Detection, Monitoring, Warning, Modelling, Mitigation



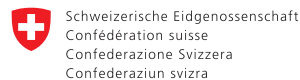
An aerial photograph of a lush green forest. The majority of the frame is filled with a dense canopy of trees, showing various shades of green. On the right side, there is a distinct, lighter green area that appears to be a grassy clearing or a different type of vegetation. The overall composition is vertical, and the text is positioned in the lower half of the image.

NOS PARTENAIRES

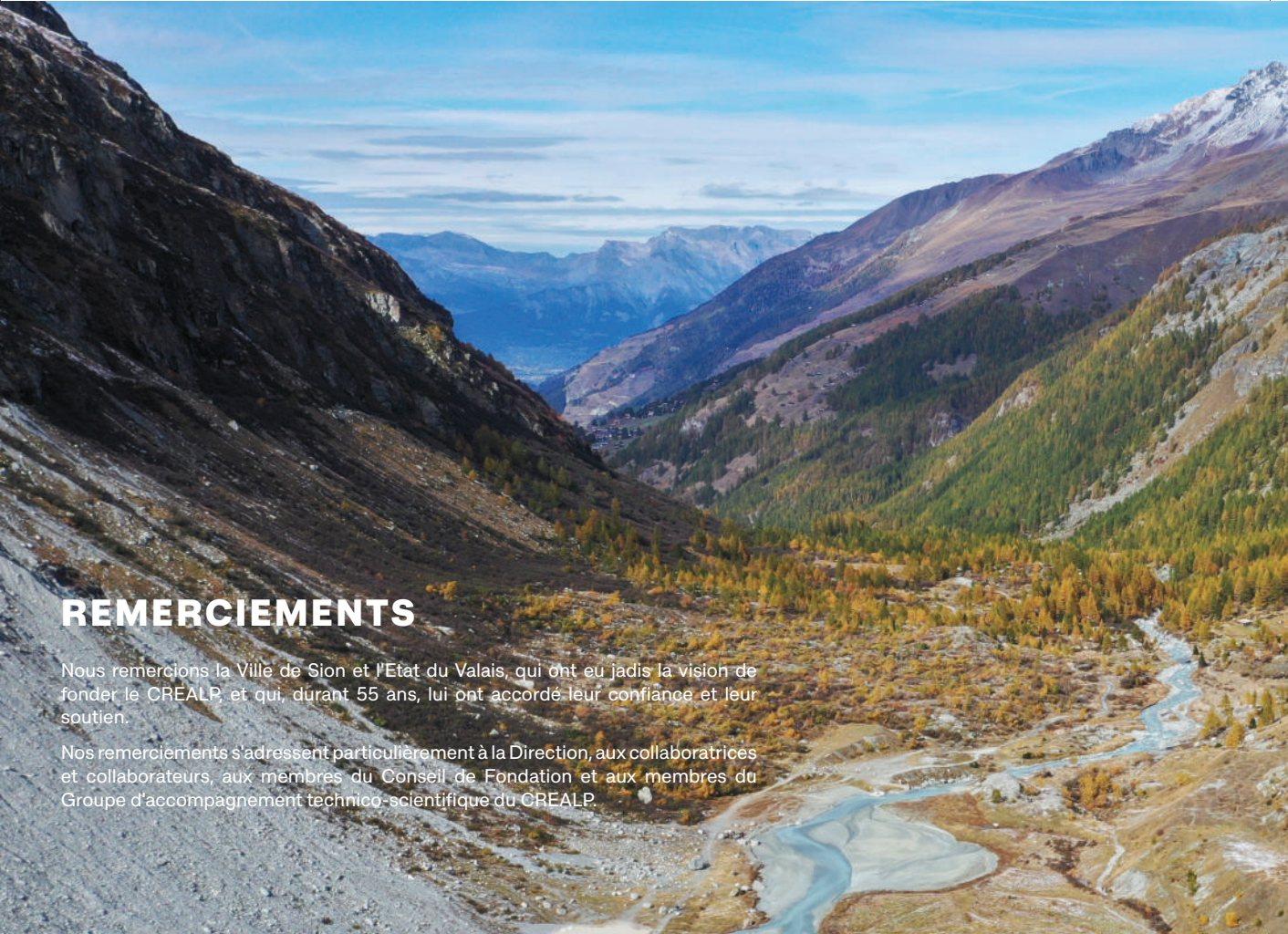


CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

★ ★ | SION







REMERCIEMENTS

Nous remercions la Ville de Sion et l'Etat du Valais, qui ont eu jadis la vision de fonder le CREALP, et qui, durant 55 ans, lui ont accordé leur confiance et leur soutien.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à la Direction, aux collaboratrices et collaborateurs, aux membres du Conseil de Fondation et aux membres du Groupe d'accompagnement technico-scientifique du CREALP.



Coordination : Antonio Abellán
Rédaction : Collaborateurs du CREALP
Mise en page : Léo De Queiros

Illustrations : Pages de couverture et de dos © Joshua Theule. | Page 20 © Blueark, Page 21 © Société académique du Valais.
Autres illustrations : Saskia Gindraux, Collaborateurs @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

