



**CHAIRE
PARTENARIALE
MIRE**

MONTAGNE, INFRASTRUCTURES, RISQUES & ENVIRONNEMENT

**« Construire une trajectoire acceptable pour un
écosystème Montagne durable et responsable »**

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2

CONTEXTE ET ENJEUX 3

MISSIONS ET OBJECTIFS 5

LES MISSIONS 5

LES OBJECTIFS 5

FONCTIONNEMENT 6

LA GOUVERNANCE 6

BUDGET 7

OPTIONS DE SOUTIEN À LA CHAIRE 7

ANIMATION ET DIFFUSION DES CONNAISSANCES 8

PARTIES PRENANTES 9

L'ÉQUIPE SCIENTIFIQUE 9

LABORATOIRES 10

PARTENAIRES ÉCONOMIQUES PARTICIPANT À LA GOUVERNANCE 10

PARTENAIRES RÉSEAUX 10

PROJET SCIENTIFIQUE MIRE 11

DES DOMAINES DE CONNAISSANCE TRANSVERSES 11

3 AXES DE RECHERCHE STRUCTURANTS 12

DES PROJETS DE RECHERCHE TRANSVERSES AUTOURS DE 3 GRANDS THÈMES 13

TRAVAUX DE RECHERCHE ASSOCIÉS À LA CHAIRE 15

PUBLICATIONS & RÉFÉRENCES 25

CONTEXTE ET ENJEUX

Dans une situation de bouleversement climatique, l'espace montagne transfrontalier stigmatise un état d'urgence pour une transition dans les modes de prévention, de préservation et de fréquentation des milieux et des infrastructures. Cet état d'urgence peut constituer une véritable opportunité de transition durable et d'accompagnement aux changements responsables dans les usages environnementaux.

Dans ce contexte, la Fondation USMB se propose d'aborder la problématique de l'évolution de l'espace montagne au travers de la chaire MIRE, dans une perspective globale et intégrative, en abordant différents versants complémentaires et interconnectés. La montagne est un espace unificateur qui associe des problématiques d'usage, de ressource et de préservation. C'est un espace symbole remarquable, pour lequel la problématique du changement climatique est exhaussée. En retour, cet espace agit comme terrain démonstrateur de résilience et d'adaptation humaine dont il convient de bien cerner les mécanismes afin d'être en mesure de proposer des scénarios de trajectoire plausibles pour la montagne à l'horizon 2050. Cela suppose de construire des outils d'évaluation et de prédiction au bénéfice d'une montagne durable et responsable.

Ce projet s'appuiera sur les massifs du Mont blanc, des Aravis, du Beaufortain, du Briançonnais et des vallées attachées. Ces milieux associent les problématiques d'usage touristique et de ressourcement, de transition entre anciennes et nouvelle pratiques, de fréquentation de milieux sensibles, de ressources énergétiques et enfin de risques naturels d'origine gravitaire dont on peut légitimement penser que l'occurrence pourrait être amplifiée par l'évolution climatique observée et prédite.

Ce qu'il faut retenir :

Nos territoires de montagne sont fragilisés par le changement climatique :



Augmentation de la température moyenne à la surface du globe
Les territoires alpins sont particulièrement affectés



Accroissement des phénomènes naturels externes
Recrudescence des risques naturels gravitaires



Disparition des glaciers, enneigement bref et erratique
Modification profonde des écosystèmes naturels et des ressources en eau



Obsolescence redoutée des infrastructures
Augmentation du risque, capacité d'adaptation, de résilience et de sobriété énergétique

Lever les verrous scientifiques et/ou technologiques

- S'intéresser à l'évolution de l'espace montagne dans une perspective globale et intégrative impose de considérer diverses échelles de temps et d'espace, tant les processus impliqués possèdent des temps propres et impliquent des domaines spatiaux spécifiques et souvent emboîtés. Ce dialogue inter-processus, dans un contexte multi-échelle, constituera le verrou scientifique principal. Cependant, il confère à cette Chaire toute son originalité et sa pertinence en termes de réponse apportée à l'adresse du territoire.

Les impacts de la chaire

• Pour le territoire

Proposer des scénarios de trajectoires plausibles pour la montagne à l'horizon 2050. Cela supposera de construire des outils génériques d'évaluation et de prédiction au bénéfice d'une montagne durable et responsable, afin de pouvoir adresser des territoires alpins variés (massif du Mont-Blanc, territoire-vallée de Chamonix, massif des Aravis, massif du Beaufortain, Briançonnais, ...)

• Pour les entreprises

La chaire pourra s'appuyer sur une grappe d'entreprises du secteur de BTP, déjà fortement structurée au sein du pôle de compétitivité INDURA. De nombreuses problématiques portées par la chaire, en particulier liées aux infrastructures, aux risques, aux ressources énergétiques, concernent nombre de ces entreprises au premier plan.

La chaire ambitionne donc de renforcer l'ancrage de ces entreprises avec le territoire, en leur permettant de développer des offres de service et d'accélérer leur accès à l'innovation.

MISSIONS ET OBJECTIFS

Les missions

-  **CRÉER UNE DYNAMIQUE TERRITORIALE**
Réunir autour d'une ambition partagée, les acteurs du territoire, économiques, collectivités et scientifiques
-  **DES SOLUTIONS TECHNIQUES & SOCIÉTALE**
Innover pour nos partenaires mécènes sur des solutions scientifiques et techniques bénéfiques au territoire et ses acteurs
-  **UNE RECHERCHE D'EXCELLENCE EXPLORATOIRE ET APPLIQUÉE**
Développer le leadership de l'Université Savoie Mont Blanc dans les réseaux internationaux par une recherche scientifique pluridisciplinaire d'excellence

Les objectifs

INNOVER & PRODUIRE

- Établir un état de l'art des recherches en regard des besoins des acteurs du territoire
- Produire de la connaissance au plus haut niveau académique, transférable auprès des acteurs
- Produire des outils d'aide à la décision entre préservation des ressources et développement économique
- Développer des solutions techniques innovantes au service des acteurs de l'écosystème montagne

FORMER

- Permettre aux citoyens d'accéder à une information objective et responsabilisée
- Créer des Masteclass dédiés aux métiers de la montagne dans une perspective de transition des territoires et des usages

FÉDÉRER ET DIFFUSER

- Produire de la connaissance sur le fonctionnement global de l'écosystème montagne, et des nouveaux outils associés
- Animer une communauté d'acteurs économiques et collectivités

FONCTIONNEMENT

La gouvernance

• Comité scientifique

Rôle : Garantie de l'excellence des recherches conduites, construction du programme scientifique de la chaire, discussion des différents travaux en cours, partage des problématiques, proposition de sujets de recherche, priorisation des travaux à engager au niveau scientifique, validation scientifique des projets *étincelles*.

Composition : L'équipe scientifique dans son intégralité - directeur scientifique, pilotes d'axes de recherche, chercheurs impliqués, personnel R&D des partenaires économiques et la Fondation USMB (en phase de planification, préfiguration).

Fréquence : 2 à 3 fois / an

• Comité de pilotage

Rôle : Définir collectivement les grandes orientations stratégiques du projet pour l'année suivante, validation des affectations budgétaires sur les projets de recherche proposés, intégration nouveaux mécènes ou territoire dans le collectif de la chaire

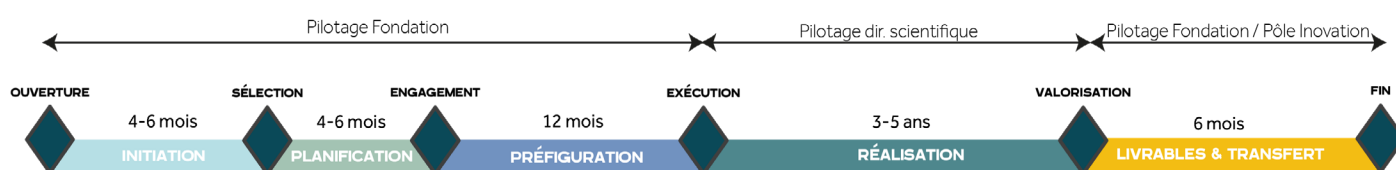
Livrable : Feuille de route année N+1 – événements – intégration nouveaux mécènes – territoire d'investigation nouveaux – partenariat à développer – liens/actions filières pédagogiques

Composition : L'équipe scientifique dans son intégralité - directeur scientifique, pilotes d'axes de recherche, chercheurs impliqués, personnel R&D des partenaires économiques + la Fondation USMB (phase de planification, préfiguration) + l'ensemble des mécènes de la chaire

Fréquence : 1 fois / an a minima

Durée

1er mandat de 4 ans (2023 – 2027), reconductible



Budget



Projet étincelle

Ces projets, issus de la collaboration chercheurs-entreprises du collectif MIRE, s'inscrivent dans un temps court : entre 6 et 18 mois. Ils sont innovants et doivent avoir un impact au niveau du territoire Savoie Mont Blanc.

Un budget prévisionnel de 30 000€/an est alloué aux projets Étincelle MIRE au sein du budget global MIRE.

1 à 2 projet(s) de recherche exploratoire seront soumis à validation lors des comités scientifiques de mai ou d'octobre en vue d'une validation par le comité de pilotage. D'un commun accord, l'affectation de ces fonds à plusieurs projets sera privilégiée.

Options de soutien à la chaire

Tronc commun à tous les mécènes MIRE - 4 ans

- Animation, publication, valorisation : 28K = 7K/an
- Pilotage de la chaire : 20K = 5k/an
- Ressources (ingénieur d'étude / de recherche / stagiaire / post-doctorant : 20K = 5k/an
- Contribution à la mission d'intérêt général de la Fondation : 12k = 3k/an

Total : 80k = 20k/an
Défisicalisé à 60% : 8k/an

Thèse partagée - 3 ans

Via Fondation USMB

- Salaire doctorant : 110k (à diviser par le nombre de financeurs)
 - Environnement de thèse : 15k
- Partage des résultats à l'ensemble des partenaires à discrétion des financeurs*

Total : 125k
Défisicalisé à 60% : 50k/ = 17k/an

Thèse en propre - 3 ans

Type CIFRE ou autre

- Salaire doctorant : 110k dont 42K de subvention 68k à charge de l'entreprise
- Environnement de thèse : 15k
- Contrat d'accompagnement - à chiffrer

Défisicalisé à 60%

Animation et diffusion des connaissances

• Masterclass

Concept : Cours avancé mais non technique, sur une thématique liée à la chaire pour objectif d'approfondir un sujet précis.

Format : Conférence ou table ronde 2 à 3 h en présentiel suivi d'échanges avec le public

Animation : Fondation USMB ou 1 chercheur

Intervenants :

- 1 ou 2 chercheurs de la chaire, ou chercheur associé à la chaire
- Témoignages socio-économique : mécènes ou partenaires

Audience : Partenaires de la chaire et plus largement aux entreprises identifiées comme intéressées par le sujet en présentiel.

Max 50 participants

• Atelier de réflexion thématique

Concept : Atelier de réflexion prospective chercheurs – entreprises - collectivités de 3h autour d'une problématique précise

Animation : intelligence collective - Fondation USMB

Intervenants : Entre 2 et 4 chercheurs de la chaire, ou chercheurs associés à la chaire

Audience : Atelier proposé aux partenaires de la chaire et plus largement aux entreprises et collectivités identifiées comme intéressées par le sujet.

Max 20-25 participants

Suite possible sous forme d'autres ateliers ou projets collaboratifs

PARTIES PRENANTES

L'équipe scientifique

• Directeur scientifique

François Nicot est actuellement Professeur à l'Université Savoie Mont Blanc, et rattaché au laboratoire ISTERre. Spécialisé dans le domaine de la géomécanique, et en particulier dans le champ des risques naturels gravitaires, il a exercé pendant plus de 20 ans au sein de l'INRAE, avant de rejoindre l'USMB. Il est en outre directeur scientifique du projet national C2ROP, dédié aux chutes de blocs, et éditeur-en-chef de la revue EJECE (European Journal of Environmental and Civil Engineering). Il co-dirige également le réseau de recherche international (IRN) GeoMech, qui s'intéresse à mécanique appliquée aux grands enjeux géo-environnementaux.

• Pilote des axes de recherche



Risques gravitaires - François Nicot



Infrastructures - François Nicot



Environnement - Florent Arthaud

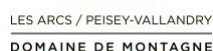
Chercheurs impliqués

- François Nicot, ISTERRE USMB
- Florent Arthaud, CARTEL USMB
- Riccardo Vassallo, ISTERRE USMB
- Jean-Luc Got, ISTERRE USMB
- Jérôme Aubry, ISTERRE USMB
- Frédéric Pourraz, LISTIC USMB
- Dominique Pety, LLSETI USMB
- Frédérique Mocquet, associée LLSETI USMB
- Christophe Lacave, LAMA USMB
- Christophe Menezo, LOCIE, USMB
- Benoit Stutz, LOCIE, USMB
- Antoine Wautier, INRAE
- Florent Prunier, GEOMAS INSA Lyon
- Guilhem Mollon, GEOMAS INSA Lyon
- Cécile Nouguier, LTDS Ecole Centrale Lyon
- Francesco Froio, LTDS Ecole Centrale Lyon

Laboratoires



Partenaires économiques participant à la gouvernance



Partenaires réseaux

La chaire s'appuie sur des réseaux structurés déjà en place en région Auvergne Rhône-Alpes :



- Pôle de compétitivité INFRA 2050 - www.indura.fr



- Projet national C2ROP sur les chutes de blocs, risques et ouvrages de protection www.c2rop.fr

- Plan national et international (International Research Network GeoMech, labellisé par le CNRS : Multiscale and multi-physics couplings in geo-environmental mechanics gdr-mege.univ-lr.fr)

PROJET SCIENTIFIQUE MIRE

Des domaines de connaissance transverses

• Sciences de l'Ingénieur

L'adaptation des territoires de montagne au changement climatique suppose la mise en place d'ouvrages et d'infrastructures durables s'inscrivant dans un contexte de sobriété énergétique. Les sciences de l'ingénieur ont cette vocation de produire des solutions innovantes, fondées sur une rupture technologique que permet une recherche académique au meilleur niveau. Par l'étendue de leur spectre, elles sont une des clés fondamentales pour relever ce défi planétaire inédit de mutation et d'adaptation.

• Sciences de la Terre

L'adaptation des territoires de montagne au changement climatique impose une prise en compte très fine des multiples processus qui gouvernent l'évolution des milieux, et leurs interactions. Dans cette perspective, la connaissance des objets géologiques, qu'offrent les sciences de la Terre, est essentielle afin de disposer d'éléments quantitatifs et prédictifs sur les milieux physiques, et leurs réponses, à des échelles de temps courtes. Ce sont des données d'entrée essentielles en vue de mieux comprendre les dynamiques d'évolution des milieux, mieux évaluer les risques naturels inhérents ou induits, et concevoir de manière plus rationnelle et durable les capacités d'aménagements divers de ces territoires.

• Numérique

La complexité des processus en jeu dans l'adaptation des territoires au changement climatique impose le recours à des outils numériques sophistiqués. Ces outils, seuls, sont en mesure d'intégrer une masse colossale de données (Intelligence Artificielle), de croiser des modèles décrivant à la fois les milieux, leurs composantes, et les multiples interactions qui les gouvernent (modèles prédictifs), et enfin de traiter à la fois des échelles d'espace et de temps très diverses allant des processus élémentaires jusqu'aux objets anthropiques (plateformes numériques).

3 axes de recherche structurants



AXE 1 - Risques gravitaires

La chaire MIRE se propose d'aborder de manière globale et concertée la problématique des risques naturels depuis les processus de genèse (aléas), jusqu'aux stratégies de protection et de gestion du risque. Dans cette perspective, elle vise à rassembler tous les éléments de connaissance nécessaires, puis développer et transférer vers le monde opérationnel des outils, méthodes et concepts nouveaux en s'appuyant sur l'ensemble des plateformes expérimentales innovantes, afin d'améliorer les modèles, les outils numériques et procédures techniques à mettre en œuvre.

Les progrès académiques tout à fait significatifs ces dernières années dans les domaines de la mécanique appliquée aux géomatériaux et aux structures, de la modélisation numérique et de l'investigation expérimentale en laboratoire ou in-situ, sauront trouver au travers de cette chaire un formidable champ d'application. Les méthodes numériques modernes permettent désormais de simuler de manière pertinente le comportement de structures complexes sous chargement dynamique, tout en prenant en compte les mécanismes élémentaires fondamentaux. De même, des installations sur site permettent d'explorer le comportement des ouvrages en vraie grandeur. Cette connaissance et ces outils agrégés constituent le socle fondamental du processus de gestion du risque associé, ouvrant de nouvelles perspectives pour les territoires et leurs aménagements futurs.



AXE 2 - Infrastructures

La conception et la réalisation d'infrastructures s'inscrivent dans une démarche d'aménagement du territoire, et constituent donc un lien organique fondamental entre la société, ses enjeux, et les milieux naturels. A ce titre, les infrastructures en régions de montagne peuvent répondre à des besoins de transport et de mobilité primaire ou terminale, de tourisme, de production, de stockage et de fournitures énergétique, et enfin de protection contre les aléas naturels.

L'objectif de la chaire vise à développer des solutions numériques innovantes afin de concevoir, dimensionner, et requalifier le cas échéant l'ensemble de ces infrastructures. L'enjeu fondamental sous-tendu s'inscrit dans la décarbonation des structures de nouvelle génération, en intégrant l'ensemble de leur cycle de vie. Cette exigence doit aussi accompagner une analyse approfondie dans les usages sociétaux en régions de montagne, allant vers une sobriété générale compatible à la fois avec les enjeux de réduction massive du bilan carbone, et la nécessité de maintenir un équilibre économique garantissant la vitalité et la pérennité de ces territoires.



AXE 3 - Environnement

Parmi les milieux naturels emblématiques, avec une haute valeur sociale, culturelle et écologique, les écosystèmes montagnards sont des écosystèmes fragiles. Du fait de leurs localisations et de leurs usages divers (tourisme, pastoralisme, production d'électricité, ...), ils sont gérés par une multitude d'acteurs très différents : collectivités territoriales, opérateurs privées, autorités des parcs naturels, sociétés hydroélectriques, etc). Cette situation crée naturellement un besoin de collaboration et dialogue transdisciplinaires. Alors que ces écosystèmes d'altitude sont généralement considérés comme des environnements vierges et préservés, ils subissent des pressions importantes qui n'ont été mises en évidence que récemment par les scientifiques et dont ont été témoins les acteurs des territoires.

Des projets de recherche transverses autour de 3 grands thèmes

Thème 1 - L'eau, ressource aux usages multiples

• Qualité de l'eau :

Il existe différentes preuves de changements dans la qualité de l'eau des écosystèmes de haute altitude, dont les principales causes impliquent des changements à la fois globaux et locaux. À plusieurs endroits des régions alpines européennes et américaines, les concentrations de solutés dans les ruisseaux et les lacs de montagne ont augmenté, en particulier pour le calcium, le magnésium et les sulfates, 200 % dans les Alpes italiennes, mais aussi le manganèse et le fer selon la géologie du substratum) en raison de l'augmentation de l'altération et de la fonte cryosphérique. Au-delà du changement climatique, les zones alpines de haute altitude agissent comme des puits pour de nombreux polluants volatils (tels que les PCB).

• Hydroélectricité :

Plus localement, les lacs de montagne ont été exploités pour l'approvisionnement en hydroélectricité ou le stockage d'énergie, avec des demandes qui devraient augmenter à l'avenir, en particulier pour les pays qui se tournent vers les énergies renouvelables (comme la Suisse). Les opérations de pompage dans les lacs alpins affectent non seulement la dynamique thermique mais aussi la qualité de l'eau du lac lui-même, ainsi que de leur environnement aval, mais peuvent également être considérées comme un levier pour gérer la sensibilité des réservoirs à la variabilité climatique.

Le défi auquel sont confrontés les écosystèmes alpins d'altitude est que leur fonctionnement et les pressions environnementales auxquelles ils sont confrontés sont insuffisamment étudiés alors qu'il existe une incitation sérieuse à développer et optimiser leurs usages à des fins multiples. Les problèmes d'accessibilité rendent l'étude de ces milieux difficile d'un point de vue logistique. Un tel manque de connaissances entrave sérieusement les politiques de gestion des écosystèmes exposés à un réchauffement climatique exacerbé, et à une pression anthropique locale grandissante.

La diminution de la biodiversité est actuellement mal connue. Alors que les écosystèmes de basse altitude ont un temps de réponse relativement long et sont peu sensibles aux événements hydrologiques épisodiques, les milieux d'altitude ont de plus petites surfaces et se situent dans des contextes à fortes pentes. Les événements extrêmes importent autant que les changements de tendance du climat lorsqu'il s'agit d'aborder le fonctionnement des milieux de haute altitude.

Le futur défi consiste à élargir la portée des études sur les milieux alpins pour refléter l'évolution des pressions environnementales, en incluant la prise en compte des activités humaines dans les études et il est nécessaire de renseigner les caractéristiques globales, notamment pour comprendre les causes des dysfonctionnements de certains milieux.

La chaire MIRE vise à produire des connaissances et développer des outils numériques pour favoriser la coopération entre acteurs sur les questions environnementales affectant les milieux alpins d'altitude. Une approche numérique est particulièrement intéressante dans le contexte des écosystèmes montagneux éloignés. Cela facilitera la formulation de politiques stratégiques, au bénéfice du grand public et de tous les acteurs régionaux.

Thème 2- L'eau, génératrice de risques

Dans les Alpes, les températures atmosphériques ont augmenté deux fois plus vite que la moyenne mondiale, avec +2°C dans les Alpes au cours du 20^e siècle (pour une hausse moyenne pour l'Europe de 1,4°C sur la même période). Le réchauffement est amplifié en milieu montagneux en raison de la rétroaction positive de la perte d'albédo due à la réduction des couvertures de glace et de neige. Les variabilités induites dans les modèles de précipitations sont plus marquées au niveau régional. Les changements dans les régimes de précipitations et la fonte cryosphérique modifient les processus et circulations hydrologiques de haute altitude, y compris la distribution saisonnière des débits d'eau ainsi que les températures. La fonte cryosphérique conduit à la création de nouveaux écosystèmes proglaciaires qui sont considérés à la fois comme une menace pour les processus d'érosions et crues déchaînées, mais aussi comme de futurs refuges pour la biodiversité alpine et nouvelle opportunité pour activités humaines tels que la production et le stockage d'énergie.

En lien avec le projet Ice & Life, la chaire MIRE travaillera sur les 2 versants de la problématique des nouveaux écosystèmes proglaciaires: (i) opportunités écologiques au travers d'une biodiversité accrue, et (ii) risques gravitaires induits.

Thème 3- Stations 4.0

Il s'agit d'une thématique-projet transversale par excellence. L'objectif est d'avancer dans l'élaboration d'un modèle de station touristique de montagne, dans le prolongement des actuelles stations de ski. Dans le contexte de changement climatique, le modèle des stations de ski doit être repensé, afin de permettre à la fois de répondre à une demande touristique croissante, et d'offrir de nouveaux espaces de vie en résidence principale hors des grands foyers urbains.

Si l'enneigement hivernal continu n'est plus du tout garanti en deçà de l'altitude critique de 2000 mètres, il n'en demeure pas moins que les activités liées à la neige restent un point d'appel touristique majeur. Dans un tel contexte tendu, il convient de :

- Optimiser la production de neige artificielle, en fonction des réserves en eau, des prévisions météorologiques, et des besoins en surface enneigée selon la demande touristique pressentie
- Optimiser la gestion du manteau neigeux, par une préparation quotidienne adaptée des pistes (smart damage), et la constitution et gestion de neige de réserve
- Modifier les modèles de fonctionnement des stations pour permettre une offre touristique continue au fil de l'année
- Opérer la transformation de stations afin d'en faire des îlots péri-urbains permettant une résidence principale
- Exploiter, en s'appuyant sur les moyens offerts par l'intelligence artificielle, l'existence de données massives : flux de circulation, choix de destinations, durées de séjour, fréquence, période (semaine/weekend, vacances et hors vacances scolaires), usages et pratiques (ski et autres activités).

La chaire MIRE aura pour objectif de constituer un collectif permettant d'adresser ces principales questions, en s'appuyant sur la diversité de ses partenaires. On remarquera que les questions soulevées croisent les trois axes structurants de la chaire : risques gravitaires, infrastructures, et enjeu environnementaux.

Travaux de recherche associés à la chaire

Thèse n°1

Nom du projet

Thèse : « On the contribution of the multiscale approach to landslide modeling »

Trad : L'approche multi-échelle à la modélisation des glissements de terrain

Résumé

• Contexte général

Dans le contexte de changement climatique, associant dégel du permafrost, fonte brutale du manteau neigeux, et apports parfois exceptionnels de précipitations, de nombreuses pentes peuvent faire l'objet de mécanismes de rupture, conduisant parfois à des processus de glissements de terrains et/ou de coulées de boue dont les conséquences sont potentiellement dévastatrices. Le recours à la simulation numérique de tels phénomènes offre l'avantage de pouvoir traiter des pentes et des contextes divers, afin de mieux prédire leur occurrence. Dans cette perspective, il est nécessaire de disposer d'un modèle de comportement mécanique du sol qui soit le plus robuste possible, mais aussi simple dans son utilisation à des fins opérationnelles. Recourir à des approches dites multi-échelles apparaît comme une alternative très fructueuse.

• Objectifs du travail de thèse

Ce travail de thèse va se concentrer sur l'extension d'un modèle de comportement mécanique multi-échelle, le modèle H, afin de mieux prendre en compte l'évolution micro-structurale du sol à l'approche de la rupture. En outre, et ce afin de pouvoir traiter des sols cohésifs, l'existence de ponts solides entre les particules de sol sera implémentée. Ainsi, le cadre d'application du modèle H pourra s'étendre au cas des matériaux cohésifs et cimentaires, afin de pouvoir analyser l'effet de la dégradation de ces ponts sous l'effet d'agents notamment météoriques, sur la stabilité des pentes. A terme, ce travail pourrait trouver des applications très intéressantes dans la modélisation de la fonte du permafrost, lequel constitue un exemple de matériau cimentaire.

Contribution à la chaire MIRE

- Direction scientifique de la chaire MIRE
- Montage et co-encadrement de thèses émergeant à la chaire

Nom du porteur et de la structure

Thèse de Zeyong LIU

Début : décembre 2021 ; Soutenue le 1er juillet 2025

Direction : François Nicot, laboratoire ISTERRE, USMB

Co-direction: A.Wautier (INRAE Aix en Provence) - Olivier Millet, co-directeur de thèse (Univ. La Rochelle)

Partenariat : BRGM (Yannick Thiery)

Nom du projet

« Investigation of fine-grain injection method as the remediation of the mechanical stability for granular materials subjected to suffusion ».

Trad : Étude de la méthode d'injection à grains fins comme remédiation de la stabilité mécanique des matériaux granulaires soumis à la suffusion

Résumé

Ce projet de recherche vise à approfondir d'un point de vue micromécanique la méthode d'injection de grains fins pour remédier à la perte potentielle de stabilité mécanique des matériaux granulaires soumis à la suffusion.

À cette fin, différents objectifs devront être atteints :

- Construire des modèles réalistes avec couplage CFD-DEM et analyser le processus d'infiltration sous écoulement des fines dans le matériau tout en tenant compte de conditions géométriques variables et des conditions hydrauliques (directions de charge gravitation-hydraulique, gradient hydraulique). L'analyse micromécanique peut inclure les modes d'infiltration, les évolutions de la microstructure, le colmatage, les changements de perméabilité, le rôle des chaînes de forces, etc.
- Analyser les propriétés micromécaniques (y compris les aspects microstructuraux) et les réponses dynamiques des échantillons de sol avant et après le renforcement par injection sous écoulement de fines afin d'évaluer l'amélioration de l'assemblage du sol. Cette recherche comprend la caractérisation du comportement plastique du sol et l'évaluation de sa stabilité interne à partir de la théorie du travail de second ordre.
- Intégrer les résultats ci-dessus dans l'extension d'un modèle constitutif micromécanique de matériaux granulaires adapté à des ouvrages hydrauliques en terre dans des conditions de suffusion et d'injection. À cette fin, des échantillons de sol avec des fines érodées ou injectées seront examinés à la suite des travaux préliminaires

Contribution à la chaire MIRE

- Participation au conseil scientifique et au comité stratégique
- Montage et co-encadrement de thèses émergeant à la chaire

Nom du porteur et de la structure

Thèse de Fan CHEN

Début : octobre 2022 ; Soutenance le 15 décembre 2025

Direction: P. Philippe (INRAE).

Encadrement : F. Nicot (USMB), A. Wautier (INRAE)

Nom du projet

Thèse CIFRE : Méthodes d'aide à la décision basées sur une approche d'analyse de risques pour la gestion des infrastructures à grand linéaire soumises à des aléas naturels : application aux zones de montagne

Résumé

Dans les vallées alpines, les infrastructures à grand linéaire, telles que des voies routières ou autoroutières ou des voies ferroviaires, sont soumises à des aléas naturels dont notamment les risques hydro-gravitaires et alpins (chutes de blocs, glissements de terrain, crues, avalanches, fonte du permafrost, cycles de gel-dégel, cavités, etc.).

La thèse vise à développer des méthodes d'aide à la décision pour la gestion des grandes infrastructures, basées sur une approche d'analyse de risques. Elles devront pouvoir être applicables aux infrastructures de grande taille (grand linéaire, nombreux ouvrages, telles que des autoroutes, routes nationales, voies ferroviaires, ...) et sur un territoire soumis à différents risques hydro-gravitaires et alpins, dont différents aléas/risques en interaction peuvent occasionner des événements dommageables du fait de concomitances ou d'effets en cascade.

Dans ce cadre, le premier objectif de la thèse est de développer des modèles et méthodes pour qualifier et quantifier le risque sur l'ensemble d'une infrastructure tout le long de son linéaire. Le deuxième objectif est un outil d'aide à la décision.

Contribution à la chaire MIRE

- Mise en lien réseau
- Partage éventuel de certains éléments de la thèse

Nom du porteur et de la structure

Thèse de Theotime Michez

Début : octobre 2023 ; Fin estimée à automne 2026

Sébastien Reynaud Directeur R&D – Patrick Garcin Directeur Commercial

EGIS est un groupe international de conseil et d'ingénierie de la construction, des transports et des services à la mobilité. Qui a pour vocation de créer et exploiter des infrastructures et bâtiments intelligents au service de la transition écologique en permettant un aménagement du territoire plus équilibré et durable. Présents dans près de 120 pays, Egis représente 16 000 collaborateurs. Les valeurs : une entreprise humaine, impliquée dans le développement durable et dans l'innovation.

Directeur de thèse – INRAE : Laurent PEYRAS, ingénieur des Ponts, HDR

Co-directeur de thèse - INRAE : Stéphane LAMBERT, ingénieur de recherche, HDR

Encadrement EGIS : Patrick Garcin, Sébastien Reynaud (basés à Grenoble)

Comité de suivi : Nicolas ECKERT, Corinne CURT (spécialistes risque naturel et risque industriel)

Nom du projet

Thèse : « Approche micromécanique du processus d'érosion par chenalisation : identification d'une loi d'érosion »

Résumé

De nombreux ouvrages hydrauliques comme les barrages ou les digues sont constitués de géo-matériaux poreux. De ce fait, ils sont soumis à des écoulements internes pouvant conduire au développement d'un processus d'érosion interne. Les mécanismes d'érosion interne sont divisés en quatre classes, à savoir l'érosion régressive, l'érosion par contact, l'érosion par chenalisation et la suffusion.

EDF exploite une centaine de barrages en remblais et environ 500 km de barrages en remblais latéraux en France. Pour une grande partie de ces ouvrages hydrauliques, EDF réalise des analyses de sûreté au regard de leurs modes de rupture potentiels, l'un des principaux étant l'érosion interne sous forme d'érosion par chenalisation. Il s'agit probablement du scénario le plus dangereux puisqu'il peut conduire à la rupture complète du barrage ou de la digue en quelques heures, avec des actions possibles très limitées pour contrôler le processus une fois lancé.

L'objectif final de cette thèse est de construire un modèle numérique permettant de modéliser de manière déterministe les processus physiques impliqués. Il sera basé sur les processus physiques impliqués à l'échelle microscopique, et validé à partir de données expérimentales d'essais à grande échelle et de cas réels de rupture. Avant de s'orienter vers cet objectif à long terme, le travail de thèse proposé devra parvenir d'abord à modéliser numériquement le Hole Erosion Test (HET), qui est un test standardisé pour évaluer la sensibilité d'un matériau à l'érosion par chenalisation. Ce projet de thèse propose d'utiliser une approche numérique discrète i) pour mieux comprendre la physique de l'érosion par chenalisation, et ii) pour extraire une loi d'érosion robuste à partir des propriétés micromécaniques des géomatériaux. Ces objectifs sont aujourd'hui atteignables grâce à i) une puissance de calcul toujours croissante et ii) le développement de codes numériques efficaces pour rendre compte des interactions fluide/grain dans les milieux granulaires.

Contribution à la chaire MIRE

- Partage d'expertise et des avancées de la thèse

Nom du porteur et de la structure

Thèse de Amir SAKER

Début : octobre 2025 ; Fin estimée à automne 2028

Jean-Robert Courivaud, Expert barrages en remblais

EDF Centre d'Ingénierie Hydraulique conçoit et réalise des aménagements en France et dans le monde. Le centre réalise des prestations de maintenance du parc en exploitation, de réhabilitation, reconstruction, modernisation d'installations existantes ; conception, étude et réalisation d'ouvrages neufs.

Encadrement : A. Wautier (INRAE), P. Philippe (INRAE), F. Nicot (USMB), Guillaume Veylon (UGE, Lyon)



Nom du projet

Thèse : « Modélisation multi-échelle des mouvements de versant »

Résumé

Cette thèse s'inscrit dans la volonté à long terme de développer une plateforme numérique opérationnelle de suivi et de prédiction de l'évolution de glissements de terrain à l'échelle régionale. Dans ce cadre, une des composantes de la plateforme numérique portera sur un outillage de modélisation numérique des glissements de terrain sur un site répertorié, permettant le suivi et l'anticipation des mouvements via une approche par jumeaux numériques.

Ce prototype s'inscrit dans une volonté d'une meilleure anticipation dans la gestion opérationnelle de mouvements de versant pouvant impacter des infrastructures diverses (axes de communication, ouvrages, bâtiments) dans le contexte non-stationnaire imposé par le changement climatique. Cette anticipation exige le recours à une modélisation numérique avancée, intégrant à la fois l'usage de modèles de comportement multi-échelle pouvant intégrer explicitement des évolutions de microstructure des géomatériaux (tel que le modèle H), et l'apport de l'IA afin d'alimenter et affiner le des jumeaux numériques par des mesures réalisées sur site en temps réel.

La versatilité du modèle H permet d'aborder une typologie étendue de matériaux comportant une structure granulaire (différents types de sol), en prenant en compte des mécanismes clés liés au changement climatique, tels que : variation rapide de la teneur en eau, migration de particules fines par érosion interne, altération des liaisons cimentaires entre les éléments du squelette.

Le modèle H a bénéficié de nombreux développements au cours des 10 dernières années, essentiellement dans le cadre de travaux de thèse. La plupart de ces travaux ont été menés dans un cadre bi-dimensionnel. Il conviendra donc dans cette thèse d'étendre les développements les plus récents autour du modèle H, dans un cadre tri-dimensionnel, en vue de l'implémentation de ce modèle dans un code de calcul ingénieur à l'échelle du versant (de type FEM, MPM, SPH, ...) Un tel code de calcul permet de faire le lien entre l'échelle du point matériel (points de Gauss, dans la nomenclature du code) et l'échelle d'un versant, afin de mener des calculs prédictifs opérationnels.

Contribution à la chaire MIRE

- Partage d'expertise, partage des avancées de la thèse

Nom du porteur et de la structure

Début : octobre 2026 ; fin estimée à l'automne 2029

Florent Prunier, GEOMAS (INSA LYON), François Nicot (ISTERRE, USMB) Antoine Wautier (INRAE)

Photo RTM

Les politiques d'aménagement de la montagne en images : le fonds photographique RTM (Restauration des terrains de montagne, 19e-20e siècle) comme éclairage historique sur les risques naturels contemporains.

• Financement : Étincelle - Chaire MIRE

Résumé

Le projet propose une mise perspective historique des représentations des politiques d'aménagement de la montagne face aux risques gravitaires, grâce aux recherches sur le fonds photographique du service de Restauration de terrains de montagne (RTM) des Eaux et Forêts (1886-1960') menées par Frédérique Mocquet. Fondé sur une étude en cours placée aux croisements de l'histoire de l'aménagement, de l'histoire environnementale et des études visuelles, la recherche vise à éclairer les enjeux contemporains traités par la chaire MIRE en partant du postulat selon lequel les dimensions symboliques et culturelles des perceptions et des traitements des risques jouent hier et aujourd'hui un rôle clé mais sous-estimé. Le projet vise également à générer des dialogues interdisciplinaires et interprofessionnels et à imaginer des dispositifs de médiation et de participation visant le grand public (collecte des perceptions à partir des images, collecte des archives familiales ou professionnelles, etc.). Il souhaite enfin mobiliser les représentations artistiques (littéraires, photographiques) des territoires et de leurs problématiques.

Un focus sera mis sur un des trois territoires de la chaire (Saint-Gervais et le massif du Mont-Blanc). La catastrophe de Saint-Gervais en 1892 sera évoquée au croisement de la photographie et de la littérature (roman d'Emmanuelle Salasc, Hors gel, 2021) et pourra être un des sujets privilégiés des récoltes auprès des habitants. Sont imaginés pour l'heure :

- Masterclass 1er semestre 2024 : Regards croisés interdisciplinaires sur le fonds photo RTM avec scientifiques et entreprises membres de la chaire
- Exposition sur la commune de Saint-Gervais (courant 2024)
- Collecte d'images.

Contribution à la chaire MIRE

- Réseau (régional, national et transfrontalier) des chercheurs et collaborateurs de l'équipe Humanités environnementales du LLSETI autour des représentations de la montagne
- Projet de recherche spécifique autour du fonds photographique RTM et démarches de médiation dans les territoires.

Nom du porteur et de la structure

Dominique Pety - Frédérique Mocquet
USMB - Laboratoire LLSETI (Langages Littératures Sociétés Etudes Transfrontalières et Internationales), équipe Humanités environnementales

SIROP

Séismes et Instabilités Rocheuses : Observation et Prévention dans les Aiguilles Rouges

• Financement : Amorçage - Fondation USMB

Résumé

La vallée de Chamonix est sujette aux aléas sismiques et gravitaires. Plus spécifiquement, dans le massif des Aiguilles Rouges, ces deux aspects sont étroitement liés. La faille tectonique de la Remuaz, capable de provoquer des séismes $M_w \geq 6$ au cours des derniers millénaires, recoupe une large zone de ruptures gravitaires affectant le versant sur plusieurs km. Le plus fort séisme historique connu dans la zone (M_w 5,3 en 1905) a provoqué de nombreux effondrements, dont un qui a significativement touché la célèbre Aiguillette d'Argentière située à l'extrémité nord des Aiguilles Rouges. On peut donc supposer que des tremblements de terre de plus forte intensité pourraient réactiver les structures gravitaires majeures. Notre travail scientifique porte sur la caractérisation et la surveillance des risques sismiques et gravitaires dans le massif avec une approche multi-temporelle, qui couple l'analyse d'archives naturelles millénaires avec des mesures instantanées en continu.

Dans ce système géologique, une écaille rocheuse d'environ 300 m de long dominant la vallée et séparée de la paroi par une discontinuité majeure représente à la fois un potentiel danger pour la vallée et un enregistreur très sensible des mouvements passés et en cours. Cette écaille a commencé à glisser il y a environ 2000 ans et son instabilité pourrait être accentuée par un tremblement de terre important, dont la faille de la Remuaz voisine est une source potentielle. Son grand volume et sa position à l'aplomb d'Argentière méritent une caractérisation géo-mécanique plus fine et un suivi en continu de ses mouvements. Pour cela nous proposons d'instrumenter l'écaille au moyen de distancemètres à haute résolution et de capteurs sismiques. Une simulation numérique basée sur les données géologiques et géo-mécaniques sera réalisée. En parallèle, nous souhaitons retracer l'histoire sismique de la faille tectonique par des tranchées paléosismologiques et des carottages dans les sédiments lacustres. La datation d'événements sismiques et gravitaires du passé permettrait de mettre en évidence les interactions au cours du temps entre ces processus.

Contribution à la chaire MIRE

• Résultats de la recherche sur les risques sismiques et gravitaires dans les Aiguilles Rouges

Nom du porteur et de la structure

Riccardo Vassallo

USMB - Laboratoire ISTerre (Institut des Sciences de la Terre)

Etude des processus géologiques

EraDA

Extrapolation spatiale du Danger d'Avalanche

• Financement : Amorçage - Fondation USMB

Résumé

Après avoir créé le réseau ROMANsns (1) en décembre 2020, avec le nivologue Alain Duclos et l'association data-avalanche (2), nous possédons aujourd'hui (2023) une base de données originale de près de 550 tests nivologiques, réalisés à l'échelle des massifs Alpains de 4 départements français. Leur vocation est de permettre de caractériser la propension du manteau neigeux à permettre le déclenchement d'une avalanche.

Systématiquement réalisés à l'endroit le plus instable d'un secteur, ces tests manquent encore d'un processus pour l'extrapolation spatiale de leurs résultats.

Quelle tranche d'altitude serait similaire, avec quelles orientations, quelles caractéristiques topographiques et à quelle échelle (pente, secteur, massif, département, etc.) ? En mettant en œuvre des outils mathématiques tels que la logique floue ou encore les ondelettes dans le but de réaliser un système de fusion d'informations (domaine d'expertise du laboratoire LISTIC), l'objectif est de fiabiliser une démarche déjà riche et prometteuse.

(1) – ROMANsns : Réseau d'observations et de Mesures Avalanches et Neige en secteur non sécurisé.

(2) – data-avalanche.org : Association pour l'amélioration et le partage de connaissances sur les avalanches.

Contribution à la chaire MIRE

- L'aide à la décision en milieu incertain : application à la prévision du danger d'avalanche.
- L'intelligence artificielle : aide à la détection de victimes, en lien avec les services de secours publics.
- L'analyse d'images satellites et/ou radars : suivi des glaciers, prévision des risques naturels, caractérisation de la teneur en eau liquide du manteau neigeux.
- Partage des résultats du projet EraDA.

Nom du porteur et de la structure

POURRAZ Frédéric

USMB - Laboratoire LISTIC (Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance)

- Fusion de données incertaines (probabilités, possibilités, fonctions de croyance, sous-ensembles flous, intervalles).
- Apprentissage automatique (apprentissage profond, fouille de données).
- Traitement du signal (ondelettes, apprentissage statistique, géométrie différentielle, télédétection).

ITEM

Investir dans la Télédétection pour les Ecosystèmes de Montagne

• Financement : Amorçage - Fondation USMB

Résumé

Pour les acteurs et gestionnaires des territoires de montagne, il est important de connaître l'occupation des sols et leur évolution, en particulier dans un contexte de changement climatique rapide. Cette connaissance est apportée par différents projets de recherche au terme d'effort important sur le terrain (suivis de 25 lacs d'altitude par le réseau Lacs Sentinelles, suivis de 500 mares d'altitude par le projet CIMAIE, etc.). Dans le cadre du projet Ice&Life, en lien avec la Fondation USMB, ces efforts ont été complétés par l'utilisation de la télédétection par satellite permettant une cartographie de la totalité des territoires désenglacés depuis le Petit Age Glaciaire avec un suivi temporel long et régulier (~700 km² en France). Cependant, ce puissant système d'observation basé sur la télédétection par satellite, principalement utilisé dans les zones de plaines, les littoraux et les zones urbanisées, est encore peu performant pour caractériser l'occupation du sol en milieu de montagnes. Ceci s'explique par un manque de calibration in-situ en zones alpines ainsi qu'un manque d'adaptation des outils de traitement aux spécificités de ces zones (relief, forte variabilité saisonnière). Le projet ITEM se propose de contribuer à ces deux volets grâce à **l'apport de mesure in-situ hyper spectrale, la définition de traitement optimisé pour l'occupations des sols de montages, et de manière générale, de promouvoir l'intégration et l'utilisation de données de télédétection dans les projets de recherche et de gestion des écosystèmes de montagne.**

Contribution à la chaire MIRE

- Base de données des inventaires de l'occupation des sols issus des observations de terrain
- Guide de préconisation sur l'utilisation des outils télédétection pour décrire l'occupation des sols de montagne
- Outils/données permettant de mieux analyser les enjeux environnementaux liés aux écosystèmes de montagne dans les systèmes hydro glaciaires, comprendre les processus d'évolution des paysages, et de fournir des outils pour la gestion.

Nom du porteur et de la structure

ARTHAUD Florent

USMB - UMR CARRTEL (Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et les Écosystèmes Limniques).

Cette unité mixte de recherche contribue à la compréhension de la façon dont les changements humains et climatiques affectent les ressources fondamentales et les fonctions écologiques au sein des systèmes aquatiques et de leurs bassins versants, et comment cela affecte les services écosystémiques comme la nourriture, l'eau potable, la biodiversité, le maintien de la faune et de la flore aquatique, la régulation du débit d'eau, le transfert et séquestration des nutriments ou des polluants

ICE & LIFE

Site web : www.iceandlife.com

• Financement : Amorçage - Fondation USMB

Résumé

Entre science et protection de la nature, Ice&Life est un projet novateur qui propose d'explorer une des plus grandes métamorphoses actuelles de notre planète. En raison de la modification du climat par les activités humaines depuis la Révolution Industrielle, les glaciers fondent partout sur Terre et ce processus s'accélère. De la fin du Petit Âge Glaciaire (1850-1900 selon les régions) à la fin du 21ème siècle, le déclin glaciaire aura libéré des centaines de milliers de km². Dans ces zones qui constituent certaines des dernières zones de nature vierge de notre planète, une diversité d'écosystèmes terrestres (zones rocheuses, pelouses, forêts, etc.), d'eau douce (rivières, lacs, zones humides, etc.) et marins (fjords, littoraux, lagons, etc.) se développent. En collectant des données scientifiques inédites sur cette nouvelle frontière écologique et en montrant le rôle crucial que jouent les glaciers et les écosystèmes postglaciaires face aux défis sans précédents de l'Anthropocène (climat, eau, biodiversité, etc.), Ice&Life vise à augmenter la protection de ces écosystèmes clés.

Ice&Life s'articule autour de trois objectifs complémentaires :

- **Sciences** - Améliorer la connaissance : Ice&Life vise à **développer la connaissance scientifique interdisciplinaire sur les écosystèmes glaciaires et postglaciaires, ainsi que sur la transition entre ces derniers**. Les recherches, menées de la zone pilote en Haute-Savoie à l'ensemble de la planète, portent notamment sur l'évolution des glaciers, le développement des écosystèmes postglaciaires, l'importance de ces écosystèmes pour les enjeux du climat, de la biodiversité, de l'eau douce et des activités humaines. Des recherches seront aussi menées sur les menaces qui pèsent sur ces écosystèmes et les opportunités de protection et de gestion durable.
- **Communication** - Diffuser la connaissance dans la société et en particulier aux acteurs des territoires englacés
- **Conservation** - Améliorer la protection des glaciers et des écosystèmes postglaciaires

Contribution à la chaire MIRE

- Partage des résultats des recherches menées avec le collectif MIRE

Publication : Bosson J.B., Huss M., Cauvy-Fraunié S., Clément J.C., Costes G., Fischer M., Poulenard J. & Arthaud F. 2023. Future emergence of new ecosystems caused by glacial retreat. Nature. In press.

Nom du porteur et de la structure

Jean-Baptiste Bosson - ASTERS, Conservatoire d'espaces naturels de Haute-Savoie
Jean Christophe Clément - UMR CARTEL

FROST

Modélisation de la fonte du permafrost

• Financement : Étincelle - Chaire MIRE

Résumé

Ce projet de recherche est un projet avec François Nicot (Responsable de la Chaire MIRE) et Christophe Lacave (nouvellement recruté sur une Chaire Professeur Junior par l'Université Savoie Mont Blanc : CPJ ANAMOD).

Il s'agit d'un projet amont qui concerne la fonte du permafrost et les **effets sur la fréquence des éboulements et de leurs volumes qui se multiplient dans tout le massif alpin.**

Ce projet de recherche est en lien avec le projet AMADEUS porté par François Nicot et avec Alain Burgisser (Isterre) (Titre : Initiation and dynamics of glacial debris flows) qui apporte une collaboration avec l'Autriche permettant de bénéficier de données d'expériences sur le sujet.

La demande actuelle doit permettre de participer à la mise en place d'un modèle mathématique approprié sur la base des expériences afin de mieux prendre en compte les phénomènes physiques et améliorer de ce fait la prévision en termes de rupture et d'écoulement liés à la fonte du permafrost. Pour ce faire, il est nécessaire d'intégrer des lois de comportement multi-échelles, incluant de manière directe les propriétés micro-structurelles et les processus physiques liés au changement climatique. Il est également nécessaire de mieux comprendre les phénomènes de stabilité non linéaire et de présence de bandes de cisaillement. Mieux comprendre la transition solide – fluide, devrait permettre de mieux décrire le processus depuis la rupture jusqu'à l'écoulement. La complémentarité thématique des chercheurs permanents avec autour d'eux un post-doctorat permettrait un réel travail en synergie. Pour mener à bien ces recherches, le projet souhaite embaucher en post-doctorat une doctorante (qui réalise sa thèse en Pologne sous la direction de P. Mucha et E. Zatorska) qui possède un bagage mathématique conséquent autour de la stabilité non linéaire faible en lien avec des matériaux compressibles à seuil.

Demande : cofinancement de 8 mois de février 2024 à septembre 2024 par la chaire MIRE en complément d'un financement apporté par C. Lacave sur ces crédits CPJ. Plus précisément : 15K euros par MIRE et 10K euros par la CPJ afin de sécuriser l'embauche de post-doctorante..

Un financement d'un an de post-doctorat a été obtenu par l'Institut Mathématiques de la Planète Terre, pour une entrée effective en octobre 2024 et une durée de 18 mois.

Contribution à la chaire MIRE

- Une meilleure compréhension de l'impact de la fonte de permafrost sur le déclenchement et la dynamique d'écoulements gravitaires.
- Une utilité à terme pour le dimensionnement et le positionnement d'ouvrages.

Nom du porteur et de la structure

Christophe Lacave , chaire de professeur junior, LAMA - Laboratoire de Mathématiques appliquées USMB

HIGHPAD

Panneaux Auto Dénéigeant en Altitude

• Financement : Étincelle - Chaire MIRE

Résumé

L'objectif du projet High-PAD est d'imaginer et de tester un système permettant de résoudre le problème d'accumulation de neige en hiver dans les centrales photovoltaïques d'altitude. Les dépôts de neige pendant l'hiver peuvent limiter l'exploitation des centrales solaires PV. C'est pourquoi diverses solutions de déneigement sont actuellement investiguées notamment dans les pays de latitude : revêtements nanostructurés en surface de module (glaciophobe), l'ajout de films chauffants, utilisation de l'énergie d'un module PV non couvert pour déneiger son voisin (stratégie domino), ... Cependant dans ces pays l'inclinaison de panneaux solaires est plutôt forte se rapprochant de la verticale. Pour nos régions montagneuses les inclinaisons sont moins fortes notamment sur les ombrières de parking.

Lors de longue période d'enneigement, la production mensuelle d'électricité par les centrales PV peut être réduite de 90 à 100 % pendant les mois d'hiver, et la perte annuelle d'électricité due à l'accumulation de neige peut atteindre jusqu'à 20 % (Marion et al. 2013). Les enjeux économiques sont donc importants. Le dispositif issu des études menées au sein du projet High-PAD devra : éviter la mise en place de dispositifs supplémentaires (simplicité), éviter le gaspillage des ressources et les risques pour la sécurité de l'installation et des personnes.

Par ailleurs il est constaté par les exploitants de telles centrales solaires une production plutôt supérieure à la production initialement prévue lors de la conception. Ceci est lié à deux effets combinés : albédo environnant (réflexion de la neige) mais également du niveau de température favorable à la conversion PV. Nous souhaiterions analyser précisément l'influence de ces deux facteurs afin de pouvoir guider les concepteurs de ces centrales.

Contribution à la chaire MIRE

Au regard des contraintes imposées par la loi, le développement d'ombrières Photovoltaïques s'impose naturellement pour les stations de montagne. Le manque à gagner en hiver en cas d'accumulation de neige représente alors un enjeu important.

Pour les opérateurs de domaine skiable, ce projet peut contribuer à satisfaire leurs propres engagements d'utilisation d'énergie renouvelable ou de neutralité carbone. De plus, ce projet peut potentiellement réduire les frais importants de déneigement des parking client.

Nom du porteur et de la structure

Christophe Ménézo, Enseignant-Chercheur Polytech Annecy-Chambéry/LOCIE - USMB
Frédéric Bergoin, Directeur INGÉLO

AVENIR

Analyse des Variations de l'Evolution du Manteau Neigeux pour l'Identification des Risques

• Financement : Étincelle - Chaire MIRE

Résumé

L'objectif du projet AVENIR est d'améliorer les modèles de prévision du danger d'avalanche afin de sécuriser les réseaux routiers. En partenariat avec le service Risques Naturels du Département de la Savoie, les bases du modèle prédictif imaginé seront établies en croisant des données de terrain (température de surface du manteau neigeux, vent, température de l'air, ...) et l'évaluation du niveau d'ensoleillement établi sur les bases du modèle TOSCANA (développé au LOCIE dans le cadre de la thèse d'Apolline Ferry).

L'étude de cas, a priori sélectionnée, concernera le secteur de la Station Flowcapt de la Davie, située sur les hauteurs de Tignes, pour laquelle les données passées et en temps réel concernant les températures, la couverture nuageuse (webcam) sont disponibles.

Si l'interconnexions entre les données issues de la modélisation du gisement solaire et les données de terrain s'avère être concluante, ce travail va ouvrir sur la mise au point d'outils de prévision à court et moyen terme du danger lié à la stabilité du manteau neigeux. Ces modèles de prévision, mixant bases de données locales et modèle physique globaux d'ensoleillement, pourront être ensuite enrichis par l'apport de modèles par apprentissage.

Contribution à la chaire MIRE

Amélioration des modèles de prévention du danger d'avalanche concernant, notamment, le réseau routier.

Cette étude permettra de faire évoluer le système d'information du service Risques Naturels du Département de la Savoie. Par extension, ce projet pourra être partagé avec les domaines skiables partenaires de la Chaire MIRE, pour contribuer à faire des économies sur le suivi du danger d'avalanche mais surtout mettre en place des mesures préventives.

Croisement de domaine de compétences : prédiction de production d'énergie solaire / analyse des données climatiques et du manteau neigeux en montagne.

Nom du porteur et de la structure

Christophe Ménézo (LOCIE) Enseignant-chercheur à l'USMB
Frédéric Pourraz (LISTIC) - Enseignant-chercheur à l'USMB

MAP

MechAnics of Permafrost

• Financement : Étincelle - Chaire MIRE

Résumé

Avec le réchauffement climatique, la dégradation du permafrost entraîne des événements catastrophiques (éboulements, ruptures de glaciers rocheux...), impactant sociétés et infrastructures de montagne. Bien qu'elle relève d'un enjeu sociétal fort, la mécanique des roches et sols gelés hétérogènes reste sous-étudiée. MAP est une approche innovante à ISTerre : l'association d'une chambre froide et d'une presse uniaxiale. La presse permettrait de déformer à température négative (0/-25°C) des échantillons de permafrost prélevés sur le terrain et reproduits en conditions contrôlées. Dans un champ invisible aux mesures et observations grande échelle, le projet MAP, par sa nature expérimentale vise à créer un dialogue multi-échelles et à mieux appréhender et suivre ces instabilités en milieu naturel. MAP est la première pierre dans le développement d'une plate-forme de mécanique des roches à l'USMB, « un Laboratoire du Froid », qui se voudra pro-active à l'échelle de nos territoires. Le développement de cette plate-forme sera un véritable puits de projets scientifique et de médiation scientifique, en écho à la chaire MIRE, qui renouvelleront les collaborations entre laboratoires voisins à l'USMB, mais aussi les enseignements dans la composante Sciences et Montagne à l'USMB.

Contribution à la chaire MIRE

Au travers de la chaire MIRE, le projet se veut fédérateur à l'échelle de la société, visible par le grand public. Une bulle de communication sera créée avec l'USMB pour privilégier et accentuer la médiation scientifique autour du projet. Les résultats apportés viendront se greffer à tout ce qu'a déjà apporté la chaire MIRE au niveau du territoire : une visibilité accrue pour une meilleure compréhension des phénomènes actifs dans nos montagnes face à des changements globaux importants.

Toutes les entreprises intéressées pourront proposer des projets scientifiques à mener sur le plateau technique expérimental – pour leurs besoins ou à titre de collaborations.

Nom du porteur et de la structure

Jérôme Aubry, Maître de Conférences, Laboratoire ISTerre, USMB

ANNEXES – PUBLICATIONS & RÉFÉRENCES

LISTE NON EXHAUSTIVE

François Nicot

- Coulibaly, J., Chanut, M.A., Lambert, S., and **Nicot, F.** (2018): Sliding cable modeling: an attempt at a unified formulation. *Int. J. Solids Structures*, Vol. 130-131(1-10).
- Wautier, A., Bonelli, S., and **Nicot, F.** (2018): Rattlers' contribution to granular plasticity and mechanical stability. *International Journal of Plasticity*, Vol. 112, pp.172-193.
- Wautier, A., Bonelli, S., and **Nicot, F.** (2018): Flow impact on granular force chains and induced instabilities. *Physical Review E*, Vol. 98, 042909, <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.98.042909>.
- Liu, J., Wautier, A., Bonelli, S., **Nicot, F.**, and Darve, F. (2020): Macroscopic softening in granular materials from a mesoscale perspective. *Int. J. Solids Structures*, 93-194, pp. 222-238. DOI 10.1016/j.ijsolstr.2020.02.022.
- Deng, N., Wautier, A., Thiery, Y., Yin, Z.Y., Hicher, P.Y., and **Nicot, F.** (2021): On the attraction power of critical state in granular materials. *J. Mech. and Physics of Solids*, Vol. 149, 104300.
- Deng, N., Wautier, A., Tordesillas, A., Thiery, Y., Yin, Z.Y., Hicher, P.Y., and **Nicot, F.** (2022): Lifespan dynamics of cluster conformations in stationary regimes in granular materials. *Physical Review/E*, Vol. 105, 014902.
- Liu, J., Wautier, A., **Nicot, F.**, Darve, F., and Zhou, W. (2022): How meso shear chains bridge multiscale shear behaviors in granular materials: a preliminary study. *Int. J. Solids Structures*, Vol. 252, 10.1016/j.ijsolstr.2022.111835.
- Younes, N., Benseghier, Z., Millet, O., Wautier, A., **Nicot, F.**, and Wan, R. (2022): Phase-field Lattice Boltzmann model for liquid bridges and coalescence in wet granular media. *Powder Technology*, in press.
- Mei, J., Ma, G., Liu, J., **Nicot, F.**, and Zhou, W. (2023): Modeling Shear-induced Solid-Liquid transition of granular materials using persistent homology. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, in press
- Nicot, F.**, Wang, X., Wautier, A., Wan, R., and Darve, F. (2023): Shear banding as a dissipative structure from a thermodynamic viewpoint. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, in press.

Jean-Baptiste Bosson

- Bosson J.B.**, Huss M., Cauvy-Fraunié S., **Clément J.C.**, Costes G., Fischer M., Poulenard J. & Arthaud F. 2023. *Future emergence of new ecosystems caused by glacial retreat*. **Nature**. In press.

Riccardo Vassallo

Roy, S., **Vassallo, R.**, Martinod, J., & Sue, C. (2023). Ten thousand years of paleo-earthquakes record of the Magallanes-Fagnano plate boundary Fault in Tierra del Fuego, Argentina. *Tectonics*, e2022TC007305.

Courtial-Manent, L., Mugnier, J. L., Zerathe, S., Carcaillet, J., **Vassallo, R.**, Ravanel, L., Tavernier L. & Buoncristiani, J. F. (2022). Late Holocene initiation of a deep rock slope failure in an alpine valley revealed by ¹⁰Be surface exposure dating (Chamonix, France). *Quaternary International*.

Roattino T, Crouzet C, **Vassallo R**, Buoncristiani J-F, Carcaillet J, Gribenski N, Valla PG (2022). Paleogeographical reconstruction of the western French Alps foreland during the last glacial maximum using cosmogenic exposure dating. *Quaternary Research* 1–16.

Jean-François Ritz ; Stéphane Baize ; Laurence Audin ; Christine Authémayou ; Fabien Graveleau ; Caroline Kaub ; Pierre Lacan ; Frédérique Leclerc ; Christophe Larroque ; Kevin Manchuel ; Jean-Louis Mugnier ; Maria Ortuño ; Magali Rizza ; **Riccardo Vassallo** ; Pierre Antoine ; Pierre Arroucau ; Jérémy Billant ; Laurent Bollinger ; Matthieu Ferry ; Charlotte Fillon ; Laurent Geoffroy ; Hervé Jomard ; Pascal Le Roy ; Jean-Luc Loch ; Sébastien Migeon ; Clément Perrin ; Julie Perrot ; Gueorgui Ratzov ; Klaus Reicherter ; Olivier Soubigou ; Christophe Vergniault ; Marc Viaplana-Muzas ; Jérôme Van der Woerd. New perspectives in studying active faults in metropolitan France : the "Active faults France" (FACT/ATS) research axis from the Resif-Epos consortium. *Comptes Rendus. Géoscience*, Tome 353 (2021) no. S1, pp. 381-412.

Vassallo, R., Mugnier, J. L., Jomard, H., Aranda, J. C., Malik, M. A., Jouanne, F., & Buoncristiani, J. F., 2020. Recurrence of large paleo-earthquakes in Kashmir Himalaya seismic gap (Riasi area, India). *Journal of Asian Earth Sciences*, 201, 104505.

Roy S., **R. Vassallo**, J. Martinod, M. C. Ghiglione, C. Sue, P. Allemand, 2020. Co-seismic deformation and post-glacial slip rate along the Magallanes-Fagnano fault, Tierra Del Fuego, Argentina, *Terra Nova* 32, 1, pp. 1-10.

Prud'homme C., **R. Vassallo**, C. Crouzet, J. Carcaillet, J-L. Mugnier, J. Cortés Aranda, 2020. Paired ¹⁰Be sampling of polished bedrock and erratic boulders to improve dating of glacial landforms : an example from the Western Alps, *ESPL*, DOI : 10.1002/esp.4790.

Frédéric Pourraz

A Multilevel Clustering Method for Risky Areas in the Context of Avalanche Danger Management.

Fanny Pagnier, **Frédéric Pourraz**, Didier Coquin, Hervé Verjus, Gilles Mauris. *Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, 1602, Springer International Publishing, pp.54-68, 2022, Communications in Computer and Information Science.

A Global System for Avalanche Risk Assessment. Fanny Pagnier, **Frédéric Pourraz**, Hervé Verjus, Didier Coquin, Gilles Mauris. 24th IEEE International Conference on Business Informatics, Jun 2022, Amsterdam, Netherlands.

Antoine Wautier

Na Deng, **Antoine Wautier**, Antoinette Tordesillas, Yannick Thiery, Zhen-Yu Yin, Pierre-Yves Hicher, and François Nicot. Lifespan dynamics of cluster conformations in stationary regimes in granular materials. *Physical Review E*, 105(1):014902, 2022.

Nabil Younes, Zeyd Benseghier, Millet Olivier, **Antoine Wautier**, François Nicot, and Wan Richard. Phase-field lattice boltzmann model for liquid bridges and coalescence in wet granular media. *Powder Technology*, 411:117942, 2022.

Adriane Clerc, **Antoine Wautier**, Stéphane Bonelli, and François Nicot. Meso-scale signatures of inertial transitions in granular materials. *Granular Matter*, 23(2):1–14, 2021.

Na Deng, **Antoine Wautier**, Yannick Thiery, Zhen-Yu Yin, Pierre-Yves Hicher, and François Nicot. On the attraction power of critical state in granular materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 149:104300, 2021.

Qirui Ma, **Antoine Wautier**, and François Nicot. Mesoscale investigation of fine grain contribution to contact stress in granular materials. *Journal of Engineering Mechanics*, 148(3):04022005, 2021.

Antoine Wautier, Guillaume Veylon, Marie Miot, Mehdi Pouragha, François Nicot, Richard Wan, and Félix Darve. Multiscale modelling of granular materials in boundary value problems accounting for mesoscale mechanisms. *Computers and Geotechnics*, 134:104143, 2021.

Tao Wang, **Antoine Wautier**, Sihong Liu, and François Nicot. How fines content affects granular plasticity of under-filled binary mixtures. *Acta Geotechnica*, pages 1–15, 2021.

Antoine Wautier, Stéphane Bonelli, and François Nicot. Rattlers' contribution to granular plasticity and mechanical stability. *International Journal of Plasticity*, 112:172–193, 2019.

Antoine Wautier, Stéphane Bonelli, and François Nicot. Micro-inertia origin of instabilities in granular materials. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*, 42(9):1037–1056, 2018.

Frédérique Mocquet

MOCQUET Frédérique, « Photographier le climat : les images des ingénieurs des Eaux-et-Forêts (1860-1914). Contribution à une histoire visuelle de l'environnement », in *Revue Transbordeur*, photographie, histoire, société, n°8, « Histoires écologiques de la photographie : science, politique, philosophie, matérialité », à paraître, 2023.

MOCQUET Frédérique « Montagnes en chantier. Sur la photographie comme agent de fabrique territoriale », in Ballesta Jordi, Callens Anne-Céline (Dir.), *Photographier le chantier (Transformation, inachèvement et altération)*, Paris, Hermann Éditions, 2019, pp. 235-249.

Forêts (1860-1914). Contribution à une histoire visuelle de l'environnement », in *Revue Transbordeur*, photographie, histoire, société, n°8, « Histoires écologiques de la photographie : science, politique, philosophie, matérialité », à paraître, 2023

Jean-Christophe Clément

Bourgeois I., Savarino J., Némery J., Caillon N., Albertin S., Delbart F., Voisin D. & **J.C. Clément**. 2018. Atmospheric nitrate export in streams along a montane to urban gradient. *Science of the Total Environment*. 633: 329-340.

Bourgeois I., Savarino J., Caillon N., Angot H., Barbero A., Delbart F., Voisin D. & **J.C. Clément**. 2018. Tracing the fate of atmospheric nitrate in a subalpine watershed using $\Delta^{17}\text{O}$. *Environmental Science & Technology*. 52 (10): 5561–5570.

Mayor J.R., Sanders N.J., Classen A.T., Bardgett R.D., **Clément J.C.**, Fajardo A., Lavorel S., Sundqvist M.K., Bahn M., Chisholm C., Cieraad E., Gedalof Z., Grigulis K., Kudo G., Oberski D.L. & D.A. Wardle. 2017. Elevation alters ecosystem properties across temperate treelines globally. *Nature*. 542: 91-95.

Clément J.C., Robson T.M., Guillemin R., Saccone P., Lochet J., Aubert S. & Lavorel S. 2012. The effects of snow-N deposition and snowmelt dynamics on soil N-cycling in marginal terraced grasslands in the French Alps. *Biogeochemistry*. 108 :297-315

Thébault A., **Clément J.C.**, Ibanez S., Roy J., Géréma R.A., Pérez C. A., Buttler A., Estienne Y. & S. Lavorel. 2014. Nitrogen limitation and microbial diversity at the treeline. *Oikos*. 123: 729-740

Clément J.C., J. Shrestha, J.G. Ehrenfeld & P.R. Jaffé. 2005. Ammonium oxidation coupled to dissimilatory reduction of iron under anaerobic conditions in wetlands soils. *Soil Biol. Biochem.* 37: 2323-2328

Autres

LabSAR, a one-GCP coregistration tool for SAR–InSAR local analysis in high-mountain regions.

Flora Weissgerber, Laurane Charrier, Cyril Thomas, Jean-Marie Nicolas, Emmanuel Trouvé. *Frontiers in Remote Sensing*, 2022, 3.

Analysis of the Temporal Evolution of Ice Aprons in the Mont-Blanc Massif Using X and C-Band

SAR Images. Suvrat Kaushik, Bastien Cerino, Emmanuel Trouve, Fatima Karbou, Yajing Yan, Ludovic Ravanel, Florence Magnin. *Frontiers in Remote Sensing*, 2022, 3. [hal-03709780](https://doi.org/10.3389/frrs.2022.978014)

Ice Aprons in the Mont Blanc Massif (Western European Alps): Topographic Characteristics and Relations with Glaciers and Other Types of Perennial Surface Ice Features.

Suvrat Kaushik, Ludovic Ravanel, Florence Magnin, Emmanuel Trouvé, Yajing Yan. *Remote Sensing*, 2022, 14 (21), pp.5557.

COUTANCIER Benoît (Dir.), Restaurer la montagne. Photographies des Eaux et Forêts du XIXe siècle, Arles, Somogy/Muséon Arlatan, 2004.

DECOCQ Guillaume, KALAORA Bernard, VLASSOPOULOS Chloé, La forêt salvatrice, reboisement société et catastrophe au prisme de l'histoire, Ceyzérieu, Champ Vallon, 2016.

LOCHER Fabien, FRESSOZ Jean-Baptiste, Les Révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècle, Paris, Seuil, 2020 (sur l'érosion des sols en lien avec les évolutions climatiques et celles des couverts forestiers)

Dominique Pety, PR littérature française, responsable de l'équipe Humanités environnementales du LLSETI.

Frédérique Mocquet, MCF architecture et aménagement, ENSA Paris-Est

Emilie-Anne Pépy, MCF histoire moderne, membre de l'équipe Humanités environnementales du LLSETI

SOUTENIR LA FONDATION

La Fondation USMB est convaincue que le mécénat est une opportunité pour soutenir un avenir durable et responsable avec une alliance Université - Entreprises - Territoire, qui s'implique dans des projets de chaire co-construits, dont l'impact est collectif.



Rejoignez des acteurs des
deux Savoies responsables
et investis



Contribuez à des projets
innovants sur le territoire



Associez votre organisation à
des recherches d'excellence
à visibilité internationale

Contact - Fondation USMB

19 Boulevard de la Mer Caspienne
73370, le Bourget du Lac
04 79 75 84 90
dir.fondation@univ-smb.fr