



Faire face aux risques naturels et technologiques



EDITORIAL

Frédéric Dufour, professeur à Grenoble INP, directeur adjoint d'Ense³, directeur adjoint du laboratoire 3SR et titulaire de la chaire PERENITI



Grenoble, un fort potentiel dans la gestion des risques naturels et technologiques

La région Rhône-Alpes présente l'une des plus grandes concentrations en France d'organismes et d'entreprises œuvrant dans le domaine des risques naturels et technologiques. Cette thématique est largement partagée par différents laboratoires, dont certains co-pilotés par Grenoble INP, et dont les recherches touchent à plusieurs disciplines. Sans les énumérer toutes, celles-ci s'organisent principalement autour des géosciences, avec pour Grenoble INP le Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) pour les risques d'inondation et de pollution des sols et le Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI) pour l'érosion des côtes maritimes et des rivières. Les sciences pour l'ingénieur sont au cœur des

Grenoble INP est membre fondateur de plusieurs structures et fédérations de recherche sur les risques

recherches du Laboratoire Sols, Solides, Structures, Risques (3SR) pour les risques gravitaires (éboulements rocheux, glissements de terrain), sismiques et technologiques liés aux ouvrages sensibles, et du LEGI pour la pollution atmosphérique et le traitement des effluents. Sont également impliquées les sciences et technologies de l'information et les mathématiques appliquées avec le GIPSA-lab pour l'analyse des mesures par capteurs innovants et le Laboratoire Jean Kuntzmann (LJK) sur le traitement des données. D'importants organismes de recherche possèdent sur le site grenoblois des équipes performantes, et plusieurs industriels ont tissé des liens étroits et ambitieux avec le milieu académique, comme EDF, GDF-SUEZ et le groupe ARTELIA pour ne citer qu'eux. Rappelons enfin que Grenoble INP est membre fondateur de plusieurs structures et fédérations de recherche sur les risques (PARN, VOR, INDURA) avec de fortes implications de ses enseignants-chercheurs.



Faire face aux risques naturels et technologiques

PLUSIEURS LABORATOIRES DE GRENOBLE INP SONT IMPLIQUÉS DANS DES PROJETS EN LIEN AVEC LA PRÉVISION, LA PRÉVENTION ET LA PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS FACE AUX ALÉAS NATURELS ET TECHNOLOGIQUES, AFIN DE RÉDUIRE LES RISQUES.

Séismes, glissements de terrain, avalanches, inondations, présence de grands ouvrages... La région grenobloise est particulièrement exposée à toutes sortes de risques naturels et technologiques. "Un risque, c'est la probabilité qu'un aléa survienne en présence d'une vulnérabilité", rappelle Frédéric Dufour, professeur à Grenoble INP - Ense³ et directeur adjoint du laboratoire 3SR (Sols, Solides, Structures, Risques). Dans le cas des risques naturels, par nature incontrôlables, prévenir le risque va donc essentiellement consister à réduire au maximum les conséquences potentielles de leur survenue sur les personnes et les biens. Pour cela, des ouvrages de génie civil sont mis en place, qui permettent de réduire les probabilités d'occurrence des risques mais augmentent malheureusement les conséquences en cas de rupture.

Chutes de blocs, de neige...

Concernant les Alpes, on pense en premier lieu aux risques gravitaires,

c'est-à-dire aux avalanches, aux glissements de terrain et autres chutes de rochers. Au laboratoire 3SR, les scientifiques ont développé le premier code de calcul de stabilité des roches au monde incluant une description réaliste des joints rocheux. "L'une des

Prévenir le risque va essentiellement consister à réduire au maximum les conséquences potentielles de leur survenue sur les personnes et les biens

premières utilisations de ce code a été de vérifier la stabilité des falaises de l'Acropole à l'occasion des Jeux Olympiques d'Athènes" se souvient Félix Darve, professeur à Grenoble INP - Ense³ et chercheur au 3SR.

Le laboratoire a depuis élaboré des modèles numériques plus performants selon la méthode dite "des éléments discrets". L'un d'eux, baptisé YADE, peut s'appliquer aux grains de sable, aux blocs rocheux ou aux flocons de neige. Il est notamment

utilisé pour établir des prévisions sur le mode de rupture probable des falaises rocheuses. D'autres modèles prennent ensuite le relais pour déterminer la trajectoire des blocs détachés et déterminer les zones impactées.

Pour modéliser les glissements de terrain, il a fallu développer des calculs spécifiques, prenant en compte le couplage hydromécanique. "Il a en outre fallu développer un modèle numérique capable de décrire l'écoulement après la rupture, et l'évolution du glissement de terrain en boue torrentielle". Les premiers tests réalisés sur pentes théoriques avec la Méthode aux Eléments Finis avec Points d'Intégrations Lagrangiens (MEFPIL), qui allie éléments finis et méthode particulière, sont très prometteurs.

Enfin, la prévision des avalanches est au cœur du projet ANR Snow-White, dont l'objectif a consisté à étudier les mécanismes de déformation de la neige sous pression par microtomographie au Synchrotron de Grenoble, et de fournir des outils de simulation numérique.

Plusieurs formations... dont un MOOC !



Grenoble INP - Ense³ propose plusieurs cursus en lien avec la gestion des risques naturels et technologiques. La filière Hydraulique, Ouvrages et Environnement (HOE) forme, entre autres, les futurs ingénieurs pour concevoir, construire et gérer les aménagements de génie civil dans le but de garantir la disponibilité et la qualité de l'eau et de prévenir les risques d'inondation et de sécheresse. L'UE (Unité d'Enseignement) "Risques naturels et changements climatiques" propose quant à elle une vue d'ensemble de la problématique du risque naturel et des effets du changement climatique sur la stabilité des ouvrages (notamment liés à la transition entre sol non saturé et saturé). Elle couvre en particulier le risque sismique et le risque gravitaire. Un

master recherche en anglais, co-habilité avec l'UJF (GCER), permet aux étudiants d'approfondir leurs connaissances en mécanique des géomatériaux (sols, roches, béton), mécanique du solide et des structures, géotechnique, interaction sol-structure et les risques naturels. Enfin, depuis novembre 2014, Grenoble INP propose également le MOOC* intitulé "Des rivières et des hommes". Coordonné par Grenoble INP, ce MOOC est le résultat du travail de sept experts et propose des méthodes et techniques robustes utilisables au Nord comme au Sud pour la gestion durable des rivières et la gestion des risques. *Massive Open Online Courses, en français "Cours en ligne ouverts à tous"



Une région à forte sismicité, des ouvrages sensibles

Particulièrement élevé dans la région, le risque sismique menace les ouvrages de génie civil et les bâtiments qui doivent répondre à des normes réglementaires strictes. Le rôle des chercheurs du 3SR est de développer des modèles numériques avancés pour dimensionner et vérifier la vulnérabilité des structures en conséquence. Dans le cadre de la chaire d'excellence industrielle PERENITI, les scientifiques grenoblois travaillent avec EDF pour comprendre comment réagissent les barrages aux perturbations sismiques. "Ainsi, le barrage de Saint Guérin dans le Beaufortain a été équipé de vélocimètres visant à mettre en évidence les mouvements de structure consécutifs aux séismes régionaux, explique Frédéric Dufour. L'idée est d'analyser la variabilité spa-

tiale de ces mouvements à l'échelle du barrage et de regarder l'influence de cette variabilité sur le comportement de l'ouvrage". Encore inachevés, ces travaux devraient permettre de mieux identifier les marges de sécurité sur de tels ouvrages et de comprendre pourquoi *in fine* les barrages en béton réagissent très bien aux séismes.

En France comme dans le reste du monde, le risque d'inondation reste de loin le risque naturel le plus courant

Piloté par le laboratoire et associant 9 partenaires, le projet ANR MACENA porte quant à lui sur la maîtrise du confinement des enceintes des centrales nucléaires en cas d'accident. "L'objectif est de caractériser et modéliser le comportement mécanique et de confinement des enceintes dans des conditions de température et de

pression similaires à celles observées à Fukushima". L'enjeu est de taille face à la demande croissante en énergie de nos sociétés et à leurs exigences en termes de sûreté.

L'eau... facteur du risque le plus important

En France comme dans le reste du monde, le risque d'inondation reste de loin le risque naturel le plus courant. Selon le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, un tiers des communes est concerné à des degrés divers, dont 300 grandes agglomérations. Pour mieux anticiper ces événements, Anne-Catherine Favre, professeur à Grenoble INP – Ense³ et chercheuse au LTHE, travaille à l'amélioration des modèles de prévisions hydrologiques (prévisions des apports en eau), et à la calibration des prévisions météorolo-

La roche, gardienne des déchets radioactifs

Stocker les déchets radioactifs (produits essentiellement par les industries électronucléaires françaises) dans les couches géologiques profondes, tel est le projet de l'Andra auquel le laboratoire 3SR participe dans le cadre d'une collaboration de près de 20 ans. Les argilites du "Callovo-Oxfordien" ont été retenues pour stocker les déchets à haute activité et de moyenne activité à vie longue, en regard de leur capacité de confinement et de rétention des radionucléides. Pour l'heure, les recherches se poursuivent en partie dans le Laboratoire Souterrain de Meuse/Haute-Marne exploité par l'Andra, constitué d'un réseau de galeries à 500 mètres sous terre. Les "colis" contenant les déchets radioactifs de haute activité seront déposés dans des alvéoles cylindriques forées horizontalement à partir de galeries d'accès et tubées avec un chemisage en acier (pour faciliter la mise en place et le retrait des colis). "Notre travail consiste à évaluer le comportement hydromécanique de la roche au niveau des excavations à court et long terme, de façon à pouvoir garantir un confinement des matières radioactives", explique Jacques Desrues, directeur de recherches CNRS au 3SR. Pour cela, les chercheurs utilisent des modèles numériques complexes issus de la méthode des éléments finis. "Notre objectif est de fournir à l'Andra un outil fiable, robuste et relativement simple à utiliser". Environ cent cinquante années seront nécessaires pour construire et remplir le stockage, qui sera surveillé et devra être réversible pendant au moins un siècle. *Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

Faire face aux risques naturels et technologiques

suite de l'article

riques et hydrologiques d'ensemble. "Plusieurs chercheurs au LTHE utilisent par exemple avec la méthode des analogues, qui se base sur le principe que deux situations atmosphériques similaires donnent lieu à des situations météorologiques locales similaires".

La statisticienne s'occupe également de prédiction, c'est-à-dire d'estimer la probabilité d'apparition d'un événement en utilisant les simulations issues des modèles climatiques. Le but principal est de dimensionner les ouvrages de génie civil de façon à ce qu'ils soient capables de résister aux événements extrêmes (avec un temps de retour élevé, c'est-à-dire une probabilité d'apparition faible). "Auparavant, on faisait du dimensionnement dans un contexte stationnaire, explique la chercheuse. Mais aujourd'hui, on doit tenir compte du changement climatique, qui fait qu'il y aura probablement de plus en plus fréquemment des événements dits extrêmes". Malheureusement, pour ces événements extrêmes, les modèles présentent une très large marge d'incertitude. "Afin d'y remédier, des chercheurs décomposent les sources d'incertitude, pour essayer de la réduire là où elle est la plus importante".

Déposé en 2013, le projet soutien à l'excellence et à l'innovation (SEI) de Grenoble INP MEPIERA (Méthodologies innovantes pour l'ingénierie de l'eau et des risques associés) piloté par Anne-Catherine Favre, a permis d'initier des collaborations interdisciplinaires entre différents laboratoires qui déboucheront peut-être sur des appels d'offre types Agence nationale de la recherche (ANR) ou projet européen, susceptibles de donner au site grenoblois le rayonnement qu'il mérite dans ce domaine.

L'actualité de Grenoble INP

Les établissements de la COMUE Université Grenoble Alpes parmi les meilleures universités françaises

Le classement international des universités de la société d'études britannique Quacquarelli Symonds (QS), spécialisée dans l'information pour les étudiants et les jeunes professionnels, vient d'être publié. Dans ce classement thématique, 36 disciplines sont regroupées en 5 grands domaines : Arts & Humanities, Engineering & Technology, Life sciences & Medicine, Natural sciences, Social sciences & Management.

Les résultats

Grenoble INP et l'Université Joseph Fourier (UJF) se classent premiers ex-aequo des établissements français en sciences des matériaux, aux côtés de l'Ecole Polytechnique et de l'Université Pierre et Marie Curie (tranche 101-150). En ingénierie électrique et électronique, Grenoble INP arrive 2^{ème} ex-aequo avec Polytechnique, tandis que l'UJF est 6^{ème} ex-aequo (tranche 251-300).

En ingénierie mécanique, aéronautique et manufacturing, Grenoble INP et l'UJF sont respectivement 4^{ème} ex-aequo et 7^{ème} ex-aequo (tranche 201-250).

Pour la physique et l'astronomie, l'UJF est 5^{ème} et Grenoble INP 8^{ème} ex-aequo (tranche 251-3000).

Enfin, en sciences du numérique et systèmes d'information, les deux établissements sont 6^{ème} ex-aequo (tranche 301-400).

L'UJF est également le premier établissement français classé en sciences de la terre et de la mer, ainsi qu'en sciences de l'environnement. Elle se positionne également en mathématiques, en chimie et en biologie.

Critères et méthodologie du QS World University Rankings

Les établissements sont classés pour la qualité de leur recherche et leur réputation.

Le QS World University Rankings se distingue des autres classements internationaux par la place accordée à l'évaluation académique des pairs (40% de la note finale). Cinq autres critères sont par ailleurs retenus pour ce classement : réputation auprès des employeurs (10%) ; ratio étudiants par enseignant (20%) ; nombre de publications de recherche des enseignants (20%) ; pourcentage d'étudiants et d'enseignants étrangers (10%).

Les 50 premiers établissements sont classés, les suivants étant positionnés par tranches (51 à 100, 101 à 150, 151 à 200, 201 à 250, 251 à 300, 301 à 400).



Suivez Grenoble INP



→ www.grenoble-inp.fr/suivez-nous



Le groupe Grenoble INP publie une lettre mensuelle "Grenoble IN'Press", accessible sur internet : www.grenoble-inp.fr

Directeur de la publication : Brigitte Plateau - Coordination : Marie-Paule Schuhl - Rédaction : Clotilde Waltz

Conception graphique et réalisation : Service communication - Crédits photos : Grenoble INP / Fotolia / Alexis Chézière

ISSN 12558-7218 • Dépôt légal en cours

Contact : communication@grenoble-inp.fr - 04 76 57 43 91 - Grenoble INP • 46 avenue Félix Viallet • 38031 Cedex 1