

Construire sur des bases solides : Comment 30 ans de leadership en sécurité des barrages créent des voies pour les chercheurs de demain

La carrière de 30 ans d'Andy Small chez Klohn Crippen Berger s'est concentrée sur l'amélioration de la sécurité des digues de résidus miniers et de l'évaluation des risques. Son travail, notamment la fondation du Comité des barrages miniers de l'ACB et le développement de guides techniques, a contribué à créer des structures institutionnelles soutenant les chercheurs émergents. Parallèlement, Vineeth Reddy Karnati, lauréat de la Bourse commémorative Gary Salmon 2025, mène des recherches doctorales sur l'érosion des déversoirs à l'Université du Québec à Chicoutimi. Leur travail illustre comment différentes générations appliquent des approches basées sur le risque aux défis de la sécurité des barrages.

Trois décennies de contributions techniques

Andy Small a rejoint Klohn Crippen Berger en tant que consultant géotechnique principal et a été ingénieur responsable de nombreux projets de barrages miniers à travers le Canada. Au-delà du travail sur des projets individuels, il a contribué de manière significative aux guides et aux normes de l'industrie.

En 2007, M. Small a fondé le Comité des barrages miniers de l'ACB, établissant un forum dédié à la sécurité des installations de stockage de résidus et des barrages de retenue d'eau dans les opérations minières. Le comité vise à appliquer les principes de sécurité des barrages de l'ACB spécifiquement aux contextes miniers.

M. Small a dirigé la rédaction du Bulletin technique d'octobre 2014 Application des lignes directrices de sécurité des barrages aux barrages miniers. Ce document de 49 pages, disponible en anglais et en français, fournit des directives sur la classification des conséquences, la conception basée sur le risque et la gestion du cycle de vie, de la sélection du site à la post-fermeture. Le bulletin est référencé par des entreprises minières, des consultants et des régulateurs à l'international.

M. Small a également contribué au développement du système de classification ACB pour l'Analyse de rupture des barrages de résidus (TDBA) — un cadre en quatre catégories basé sur l'implication de l'eau libre et le potentiel de liquéfaction. Ce système aide les ingénieurs à prévoir le comportement des ruptures pour la planification d'urgence et l'évaluation des risques.

Ses travaux de recherche incluent la co-rédaction d'articles avec le Dr Nahyan Rana. Leur article publié en 2021 dans *Engineering Geology* a analysé 63 cas d'écoulement de résidus dans le monde, identifiant les risques météorologiques et les problèmes de drainage comme facteurs majeurs. L'article de suivi publié dans *Earth-Science Reviews* (2022) a reçu le Prix ACB pour article publié.

Travaux et reconnaissance internationaux

En janvier 2022, M. Small est devenu président du Comité ICOLD sur les résidus et lagunes de déchets. Il a organisé et donné des cours de formation en Suède, au Kazakhstan, en Afrique du Sud et en Amérique du Nord, enseignant les fondamentaux de la sécurité des barrages de résidus aux ingénieurs en exercice.

M. Small a reçu le Prix Peter Halliday en 2014 pour avoir fondé le Comité des barrages miniers et pour son bénévolat au sein de l'ACB. En 2021, il a été nommé Fellow de l'Engineering Institute of Canada pour son excellence en ingénierie et son service à la profession.

Il dirige actuellement deux groupes de travail de l'ACB : Développement de guides sur la modélisation de la stabilité des pentes et Installations minières de déchets, abordant les défis de la planification de fermeture et de la gestion à long terme.

La Bourse commémorative Gary Salmon

La Bourse commémorative Gary Salmon, créée en 2009, offre 6 000 \$ annuellement aux étudiants en doctorat dont les recherches font progresser la sécurité des barrages. La bourse rend hommage à Gary Salmon, qui a passé 32 ans chez BC Hydro, devenant ingénieur en chef et directeur de la sécurité des barrages.

La contribution majeure de Salmon remonte à 1993, lorsqu'il a présenté des critères de risque comme outil pratique d'évaluation de la sécurité des barrages lors d'un atelier ICOLD à Grindelwald, en Suisse. Ce travail a permis de passer de l'évaluation des risques comme concept à son application pratique. Il a cofondé l'Association canadienne de sécurité des barrages (aujourd'hui ACB), en a été président de 1993 à 1995 et a été l'auteur principal des Lignes directrices canadiennes de sécurité des barrages. Après sa retraite, il a dirigé le CEATI Dam Safety Interest Group, développant des manuels pratiques pour la prise de décision basée sur les risques.

Recherche sur l'érosion des déversoirs

Vineeth Reddy Karnati est arrivé à l'UQAC avec de solides références académiques, incluant des Médailles d'Or pour son rendement au niveau du baccalauréat et de la

maîtrise. Ses recherches doctorales portent sur l'érosion des déversoirs en roche non revêtue — un problème mis en évidence par la rupture du barrage d'Oroville en Californie en février 2017, qui a nécessité l'évacuation de 188 000 personnes.

Travaillant avec les superviseurs Dr. Ali Saeidi, Dr. Alain Rouleau et Dr. Marco Quirion, M. Karnati utilise le modèle expérimental à l'échelle pilote de l'UQAC pour étudier comment différents paramètres géomécaniques influencent le processus d'érosion. L'installation expérimentale utilise neuf blocs instrumentés pour mesurer les pressions hydrauliques tout en faisant varier systématiquement l'orientation des joints, l'ouverture des joints et la saillie des blocs.

Sa première publication majeure lors du 57^e *US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium (juin 2023)* a montré que la saillie des blocs affecte significativement leur soulèvement, la pression sur le dessus des blocs ayant l'effet dominant. Ces résultats fournissent des données pour améliorer les modèles prédictifs.

La recherche a des applications pratiques pour les barrages canadiens avec des déversoirs rocheux non revêtus qui pourraient subir des débits accrus en raison du changement climatique. Une meilleure compréhension de l'effet des conditions géologiques sur l'érosion peut améliorer l'évaluation des risques et la conception.

Connexions techniques

Les travaux de M. Small sur les digues de résidus et la recherche de M. Karnati sur les déversoirs abordent tous deux l'interaction de l'eau avec les géomatériaux sous contrainte. Les paramètres géomécaniques étudiés par M. Karnati — orientation des joints, ouverture des joints, saillie des blocs, distribution des pressions hydrauliques — sont similaires à ceux évalués par M. Small dans l'analyse de la stabilité des digues de résidus.

Tous deux utilisent des cadres basés sur le risque pour leurs travaux. M. Small applique l'analyse décisionnelle structurée et la classification des conséquences aux digues de résidus. Les recherches de M. Karnati contribueront ultérieurement à l'évaluation des risques liés à l'érosion des déversoirs. Les Lignes directrices de sécurité des barrages de l'ACB qui informent le travail de M. Small sur les barrages miniers s'appliquent également aux barrages conventionnels et à leurs déversoirs.

Développement professionnel et mentorat

M. Karnati siège au Groupe de travail universitaire du Comité francophone de l'ACB. Il a été reconnu pour la vulgarisation scientifique, remportant le prix « Choix du public » à l'UQAC lors du concours Ma thèse en 180 secondes pour avoir expliqué ses recherches doctorales en 180 secondes en français.

Dans un article de février 2024 de l'UQAC sur le programme de mentorat Solidaire dans nos études, M. Karnati a déclaré : « Je crois que l'engagement enrichit l'expérience universitaire, favorise des liens durables et offre des opportunités inestimables de croissance personnelle et professionnelle. »

Transfert des connaissances en pratique

La communauté canadienne du génie des barrages fait face à un changement générationnel, de nombreux ingénieurs expérimentés approchant de la retraite tandis que le changement climatique soumet les infrastructures vieillissantes à de nouvelles conditions. L'ACB répond à ce défi par plusieurs approches : bourses soutenant la recherche doctorale, programmes de formation pour les praticiens, participation aux comités permettant le mentorat et publications techniques documentant le savoir collectif.

Le Bulletin technique de 2014 de M. Small fournit des directives pratiques que les praticiens peuvent mettre en oeuvre. Ses cours ICOLD diffusent le savoir-faire canadien à l'international. Ses groupes de travail actuels abordent des défis qui façonneront la pratique future. Ses publications de recherche créent des bases de données quantitatives pour des décisions fondées sur des preuves.

Les recherches de M. Karnati développent de nouvelles méthodes pour évaluer des problèmes qui n'étaient pas pleinement compris par les générations précédentes. Son modèle physique génère des données qui guideront la conception future des déversoirs. Ses publications contribuent à la littérature que les chercheurs futurs consulteront.

Tous deux participent aux comités de l'ACB où ils échangent des idées avec des ingénieurs à tous les stades de leur carrière. Tous deux contribuent à la recherche qui fait progresser la compréhension collective. Tous deux enseignent — M. Small via des cours internationaux et M. Karnati via le mentorat des étudiants.

Travaux en cours

En novembre 2024, M. Small a organisé des cours courts ICOLD à Johannesburg sur la stabilité des pentes et la caractérisation des résidus. M. Karnati poursuit ses recherches en laboratoire à l'UQAC, recueillant des données sur les pressions hydrauliques et les mécanismes d'érosion.

Leur travail illustre la pratique continue du génie des barrages au Canada : des professionnels expérimentés développant des guides et des structures institutionnelles tandis que des chercheurs émergents explorent de nouveaux défis avec des méthodes

avancées. La bourse qui les relie reflète l'engagement de l'ACB à soutenir à la fois le transfert et le développement des connaissances.