



# LES TENDANCES GÉNÉRALES EN FORMATION MINIÈRE

3 février 2022 → 23 juin 2022

Rapport semestriel réalisé à partir de l'infolettre *MineAvenir*

*Institut national  
des mines*

Québec 

**Analyse et rédaction**

Geneviève Rouleau  
Tout Court Communication

**Supervision**

Christine Duchesneau,  
présidente-directrice générale  
Institut national des mines

**Recherche et diffusion de la veille  
informationnelle et de l'infolettre *MineAvenir***

Karine Lacroix,  
conseillère stratégique en communication  
Maripier Viger, agente de communication  
Institut national des mines

**Révision linguistique**

Gilles Bordage

**Graphisme**

Andrew Morrow

**Mise en page**

Geneviève Roy, graphiste

**Le présent ouvrage a été produit par l'Institut  
national des mines.**

**Comment citer cet ouvrage :**

Institut national des mines (2022).  
*Les tendances générales en formation minière.*  
Rapport semestriel réalisé à partir de l'infolettre  
*MineAvenir* du 3 février 2022 au 23 juin 2022.  
Études et rapports. Gouvernement du Québec.  
Rédigé par Geneviève Rouleau, Val-d'Or, 45 p.

**Pour toute demande de renseignement :**

Institut national des mines  
125, rue Self  
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2

Téléphone : 819 825-4667

[info@inmq.gouv.qc.ca](mailto:info@inmq.gouv.qc.ca) | [inmq.gouv.qc.ca](http://inmq.gouv.qc.ca)

ISBN 978-2-550-93555-1 (imprimé)

ISBN 978-2-550-93552-0 (PDF)

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales  
du Québec, 2022

© Gouvernement du Québec, Institut national  
des mines (2022)

# Avant-propos

L'un des enjeux auquel s'attarde la planification stratégique 2018-2023 de l'Institut national des mines (INMQ) est la documentation des tendances en formation ayant un impact sur le développement des compétences de l'avenir. La documentation de ces tendances innovantes en formation minière à l'échelle internationale et leur analyse mène à la rédaction d'un rapport publié deux fois par année. Le rapport *Tendances générales en formation minière* est ainsi composé d'articles tirés de la veille informationnelle hebdomadaire de l'Institut national des mines, l'infolettre *MineAvenir*. Ces publications constituent un outil utile à la prise de décision non seulement pour orienter les recherches de l'Institut, mais également pour soutenir les entreprises minières et les établissements d'enseignement dans l'actualisation de leur offre de formation.

L'Institut national des mines est conscient que certains sujets ou articles ont pu échapper à son attention et que le présent document ne constitue pas un recensement exhaustif, mais plutôt une veille sélective. L'Institut tient de plus à rappeler qu'une tendance se définit comme étant un courant d'opinion au sein d'un groupe, d'un organisme ou d'une collectivité et que, par conséquent, cette publication ne représente pas une vérité absolue, mais bien une présentation de tendances.

# Table des matières

Avant-propos	3
Liste des tableaux	5
Liste des figures	6
Résumé	7
Introduction	9
Démarche de collecte de l'information et de rédaction	10
1. Les tendances en formation dans le secteur minier	11
1.1. Le développement des compétences du 21 <sup>e</sup> siècle	14
1.1.1. Les compétences numériques au 21 <sup>e</sup> siècle	14
1.1.2. Les compétences du 21 <sup>e</sup> siècle en formation continue	16
1.1.3. Les compétences du 21 <sup>e</sup> siècle en santé et en sécurité du travail	17
1.1.4. Les initiatives en formation émergeant de l'infolettre <i>MineAvenir</i>	17
1.2. Les investissements et les partenariats financiers	26
1.3. Les nouveaux programmes et modes d'enseignement	29
1.3.1. La diversification des modes d'enseignement	30
1.3.2. La réalité virtuelle, augmentée ou mixte et les simulateurs en formation	31
1.3.3. Repenser les programmes de formation	31
1.4. La diversification des personnes apprenantes et de la main-d'œuvre du secteur minier	31
2. Les tendances technologiques de l'industrie minière	34
2.1. Les données	36
2.2. L'automatisation	36
2.3. Autres technologies	37
2.3.1. Les engins électriques miniers et les ressources nécessaires à leur fabrication	37
2.3.2. Le développement durable de l'industrie et les sources d'énergie renouvelable	38
3. Conclusion et pistes de recherche privilégiées afin d'orienter les prochaines activités de veille de l'Institut national des mines	40
Références	41

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Les tendances générales en formation dans le secteur minier	13
Tableau 2 : Les initiatives en formation émergeant de l'infolettre <i>MineAvenir</i>	18
Tableau 3 : Les investissements financiers recensés dans l'infolettre <i>MineAvenir</i>	27
Tableau 4 : Les tendances générales en technologie dans le secteur minier	36

# Liste des figures

Figure 1 : Répartition du nombre total d'articles de l'infolettre <i>MineAvenir</i> du 3 février au 23 juin 2022 en fonction du thème principal de chaque article	7
Figure 2 : Principales tendances en formation dans le secteur minier et nombre d'articles du <i>MineAvenir</i> abordant chaque thème	8
Figure 3 : Principales technologies adoptées par le secteur minier et nombre d'articles du <i>MineAvenir</i> abordant chaque technologie	8
Figure 4 : Infographie 1 du Plan intelligence artificielle du ministère de l'Éducation du Québec	14
Figure 5 : Infographie 2 du Plan intelligence artificielle du ministère de l'Éducation du Québec	20
Figure 6 : Répartition des individus selon le plus haut niveau d'éducation atteint	32

# Résumé

Au cours du premier semestre 2022, l'Institut national des mines du Québec (INMQ) a poursuivi son travail de veille informationnelle afin de connaître les tendances et les innovations ayant le plus marqué l'actualité dans l'industrie minière et dans les établissements d'enseignement à l'échelle mondiale.

Au cours des deux dernières années, la crise sanitaire mondiale a diminué les contacts humains, augmentant du même coup le nombre d'expérimentations relativement aux nouvelles technologies tant dans les milieux professionnels que dans le secteur de l'éducation.

Le présent rapport découle de l'analyse des articles recensés par la veille informationnelle *MineAvenir* pour la période s'étendant du 3 février au 23 juin 2022. Il fait état des principales tendances en formation pour l'acquisition des compétences de l'avenir et met en lumière les technologies émergentes dans le secteur minier. L'examen des 46 articles composant le corpus de sources du présent rapport montre qu'une plus grande proportion d'articles aborde le thème de la formation. En effet, comme l'illustre la **figure 1**, 35 articles traitant d'initiatives de formation ont été répertoriés comparativement à 10 articles qui abordent les technologies utilisées par l'industrie minière. Enfin, un seul article a été classé dans la catégorie « autre ».

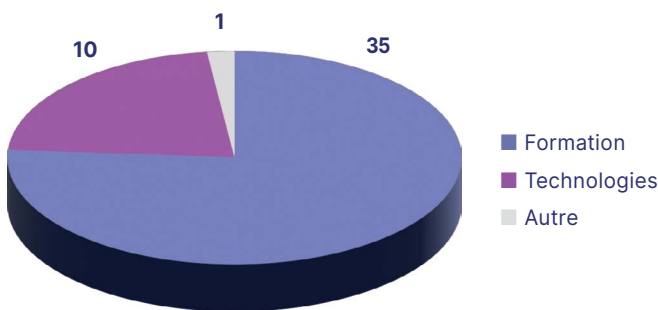


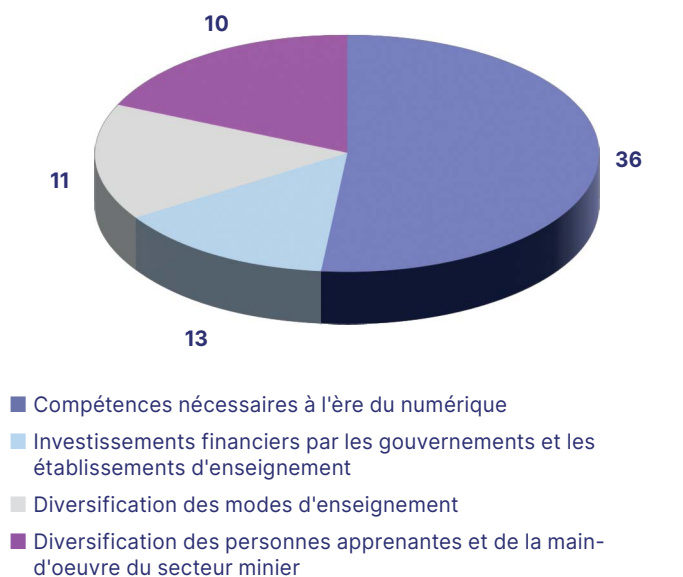
Figure 1 : Répartition du nombre total d'articles de l'infolettre *MineAvenir* du 3 février au 23 juin 2022 en fonction du thème principal de chaque article

Pendant la pandémie de COVID-19, les établissements d'enseignement ont usé de créativité pour continuer à offrir leurs programmes scolaires, ce qui a, par le fait même, accru l'importance pour les apprenantes et les apprenants de maîtriser certaines compétences numériques. Les dernières années ont notamment vu apparaître une foule d'initiatives pour la formation en ligne. Bien que le retour en classe se soit accéléré pendant la période couverte par ce document, la veille informationnelle a permis de découvrir que la diversification des modes d'enseignement ne s'essouffle pas. Parfois entièrement sur le Web, parfois synchrones ou asynchrones, parfois en formule hybride (une formule se caractérisant par une combinaison de formations en ligne et de cours en présentiel), les modes d'enseignement que continuent à offrir les établissements permettent de joindre le plus large public possible.

La veille informationnelle a également permis de constater le pas de recul pris par les administrations scolaires afin de mieux outiller les réseaux d'éducation. Si, au départ, tout un chacun y est allé de ses propres initiatives pour pallier le confinement, deux ans plus tard, le secteur de l'éducation semble bien vouloir s'inspirer des meilleures pratiques pour mieux organiser l'offre de cours en ligne.

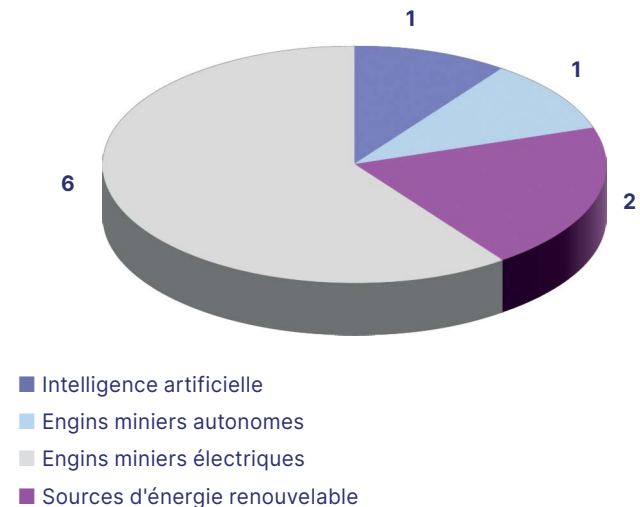
Le recensement des articles parus dans l'infolettre *MineAvenir* du dernier semestre a aussi démontré à quel point les projets de collaboration entre les organisations continuent d'être structurants pour le développement de la formation minière. Avec le nombre grandissant de nouvelles technologies disponibles, des organismes gouvernementaux, des chaires de recherche et des établissements d'enseignement s'engagent sur la voie de la spécialisation pour ainsi développer une expertise qui leur est propre. Ces organisations s'unissent ensuite autour de projets porteurs bénéficiant des expertises de chacune.

La **figure 2** résume les principales tendances en formation recensées par la veille informationnelle. Une grande majorité des articles traitent des compétences nécessaires à l'ère du numérique. Notons que, parmi ces articles, une grande partie d'entre eux dévoile des initiatives et des partenariats entre les organisations pour dynamiser les parcours éducatifs. Les articles consacrés à la diversification des personnes apprenantes et de la main-d'œuvre du secteur minier se sont également retrouvés en grand nombre dans les publications de l'infolettre *MineAvenir*.



**Figure 2 : Principales tendances en formation dans le secteur minier et nombre d'articles de l'infolettre *MineAvenir* abordant chaque thème**

Pour compléter ce rapport, l'Institut s'est également intéressé aux technologies les plus couramment adoptées par l'industrie minière. La **figure 3** illustre les technologies les plus citées parmi les articles recensés dans la veille informationnelle. Le rapport fait notamment ressortir la popularité soutenue de l'usage d'engins miniers électriques et les initiatives de l'industrie pour produire localement les minéraux critiques et stratégiques nécessaires à leur fabrication.



**Figure 3 : Principales technologies adoptées par le secteur minier et nombre d'articles de l'infolettre *MineAvenir* abordant chaque technologie**

À la suite de l'analyse des articles répertoriés par l'infolettre *MineAvenir* publiée entre le 3 février et le 23 juin 2022, trois grandes tendances ont émergé. Ces tendances permettent d'entrevoir différentes pistes de recherche susceptibles d'alimenter la réflexion de l'Institut quant à l'avenir de la formation minière. Ces pistes sont les suivantes :

1. Observer les initiatives des établissements d'enseignement et de l'industrie minière quant à la diversification des personnes apprenantes et à l'embauche d'une main-d'œuvre diversifiée;
2. Poursuivre la documentation à propos des programmes d'enseignement qui intègrent l'intelligence artificielle à leur cursus d'apprentissage;
3. Évaluer les retombées de la collaboration soutenue entre divers partenaires tels que les gouvernements, les entreprises privées et les établissements d'enseignement.



# Introduction

La crise sanitaire mondiale est venue perturber les habitudes des populations à l'échelle mondiale et les activités de formation n'y ont pas échappé. Les deux dernières années ont vu apparaître une multitude de formations en ligne afin de répondre aux exigences imposées par les confinements successifs. De nouvelles façons de faire ont émergé, poussant les apprenantes et les apprenants à développer et à mettre en pratique leurs compétences numériques. Cette période a également entraîné des changements affectant la nature même des formations, le nombre de programmes offrant des parcours de formation écourtés, personnalisés, voire hyperpersonnalisés connaissant par exemple une nette augmentation. À l'heure où le retour en classe se généralise, il ne faut pas nécessairement tenir pour acquis que les formations en ligne sont déjà loin derrière nous. Par exemple, l'équipe du RÉCIT FAD travaille sur un projet pilote pour poursuivre l'expérimentation de l'enseignement à distance en vue de permettre aux personnes apprenantes de continuer leurs études dans des contextes particuliers comme pour les athlètes de haut niveau, les personnes en convalescence et/ou les jeunes atteints de troubles du comportement ou de maladies (Rioux, 2021).

Au cours du dernier semestre, les initiatives visant à mieux outiller le réseau de l'éducation ont connu un essor. L'analyse des articles recensés dans la veille informationnelle démontre que le fait que les enseignantes et les enseignants ont dû offrir leur contenu pédagogique en ligne a accéléré la réflexion sur le modèle d'enseignement traditionnel au Québec. Le premier chapitre de ce rapport révèle les principaux changements observés dans l'appropriation des outils numériques par le ministère de l'Éducation du Québec, les directions d'établissements scolaires et les enseignantes et les enseignants pour soutenir la démarche éducative des personnes apprenantes.

Ce premier chapitre énumère également les partenariats mis sur pied entre les organisations afin de développer de nouveaux outils et pour lancer de nouvelles initiatives ayant pour but l'accroissement des compétences numériques de divers acteurs-clés du secteur de l'éducation ainsi que celles des apprenantes et des apprenants.

Finalement, le deuxième chapitre du rapport s'attarde aux tendances technologiques de l'industrie minière recensées par la veille informationnelle. En quête de moyens pour augmenter son efficacité et constamment améliorer la sécurité de ses travailleuses et de ses travailleurs, l'industrie minière innove et fait souvent figure de pionnière dans l'adoption des nouvelles technologies. La veille a aussi permis de confirmer l'une des tendances relevées dans les éditions précédentes des *Tendances générales en formation minière*, soit celle de l'adoption de technologies visant à réduire l'empreinte environnementale des projets miniers et à orienter l'avenir des activités minières dans un esprit de développement durable.

Au regard des articles recensés par la veille informationnelle entre le 3 février et le 23 juin 2022, le présent rapport se conclut en dégagant les principales tendances observées en formation minière.

# Démarche de collecte de l'information et de rédaction

Le présent document est issu de la veille informationnelle réalisée de façon hebdomadaire par l'Institut national des mines. Cette veille est, quant à elle, produite grâce au recours à une plateforme de veille et d'intelligence médiatique qui permet de repérer des articles, souvent tirés de l'actualité, portant sur des sujets déterminés par l'Institut national des mines et touchant notamment les innovations, les tendances et les nouveautés du secteur de l'éducation et du secteur minier. En raison du mandat de l'Institut, les articles portant sur le secteur minier et ses nouvelles technologies ainsi que sur la formation minière et les compétences nécessaires pour répondre aux besoins de l'industrie minière sont priorités. Concrètement, l'Institut choisit des mots-clés relatifs à la formation minière et au secteur minier qui sont saisis dans le moteur de recherche de la plateforme de veille et d'intelligence médiatique. La plateforme génère ainsi une quantité importante d'articles pertinents au regard du mandat et de la planification stratégique de l'organisation ayant été publiés au cours de la dernière semaine. Ces articles sont analysés et les plus porteurs sont ensuite sélectionnés pour restreindre à trois le nombre de ceux qui seront diffusés dans l'infolettre *MineAvenir*.

Deux fois par année, les articles publiés dans l'infolettre *MineAvenir* au cours des semaines et des mois précédents sont rassemblés afin de

former un corpus de sources contenant plusieurs dizaines d'articles. Ce corpus est ensuite analysé en profondeur en vue de faire ressortir les grandes tendances qui s'en dégagent, et ce, principalement en matière de formation, d'initiatives et de partenariats, d'investissements et de technologies. Dans le cadre de cette analyse, les mentions faites dans chaque article des concepts et des termes liés aux éléments mentionnés précédemment sont relevées et comptabilisées en vue de constituer des tableaux au sein desquels il est possible d'inscrire le nombre d'articles abordant chaque terme ou concept relevé par la veille informationnelle.

Une fois les tableaux réalisés grâce à l'analyse de chacun des articles constitutifs du corpus de sources, les principales tendances décelées par la veille informationnelle apparaissent clairement. Ces dernières font alors l'objet d'une présentation et/ou d'une analyse dans le document, et ce, notamment dans l'optique de montrer quelles sont les tendances qui s'inscrivent en continuité avec celles repérées dans les précédentes éditions des *Tendances générales en formation minière* et quelles sont les toutes nouvelles tendances.

# 1

## LES TENDANCES EN FORMATION DANS LE SECTEUR MINIER

Les principaux thèmes relatifs à la formation recensés dans les articles publiés dans l'infolettre *MineAvenir* entre le 3 février et le 23 juin 2022 sont répertoriés dans le **tableau 1**.

Tableau 1 : Les tendances générales en formation dans le secteur minier

1.1. Le développement des compétences du 21 <sup>e</sup> siècle		Nombre d'articles abordant ce sujet
<b>1.1.1.</b>	→ Compétences nécessaires à l'ère numérique / Formation	<b>15</b>
<b>Compétences du 21<sup>e</sup> siècle</b>	Recherche numérique et technologique, habiletés avec les outils numériques (plateformes numériques, usage éthique), protection des données personnelles, intelligence artificielle, recherche, collaboration, intelligence numérique, programmation informatique, apprentissage profond, intelligence artificielle (IA), logiciel, éthique, Internet des objets (IoT), intelligence énergétique	
	→ 1.1.2. Formation continue Apprentissage sur simulateur	<b>1</b>
	→ 1.1.3. Compétences en santé et sécurité du travail à l'ère numérique	<b>1</b>
	→ 1.1.4. Initiatives et partenariats	<b>19</b>
<b>1.2</b>	→ Investissements financiers en formation par les gouvernements et les établissements d'enseignement	<b>9</b>
<b>Investissements et partenariats</b>	→ Investissements financiers en formation par des entreprises privées	<b>4</b>
<b>1.3</b>	→ 1.3.1. Diversifier les modes d'enseignement	<b>8</b>
<b>Nouveaux programmes et modes d'enseignement</b>	Apprentissage hybride (en ligne et en présentiel), apprentissage à distance, apprentissage sur des plateformes et des applications en ligne, cours à distance synchrones et/ou asynchrones, apprentissage profond, développement durable, websérie, intégration et usage de l'intelligence artificielle	
	→ 1.3.2. Technologies immersives (réalité virtuelle, augmentée ou mixte) Apprentissage par simulateur	<b>1</b>
	→ 1.3.3. Repenser les programmes de formation Développement durable	<b>2</b>
<b>1.4</b>	→ 1.4.1. Profils diversifiés d'apprenantes et d'apprenants en formation minière	<b>10</b>
<b>Diversification des personnes apprenantes et de la main-d'œuvre du secteur minier</b>		

Une grande proportion des articles présentés par la veille informationnelle *MineAvenir* du 3 février au 23 juin 2022 s'attardent à la formation. Le **tableau 1** inventorie et regroupe les tendances en formation dans le secteur minier selon quatre grandes thématiques : les compétences nécessaires au 21<sup>e</sup> siècle, les investissements en formation, la transition vers de nouveaux modes d'enseignement et de nouveaux programmes ainsi que la diversification des personnes apprenantes en formation minière.

## 1.1. Le développement des compétences du 21<sup>e</sup> siècle

Au regard des progrès technologiques qui exigent de plus en plus la maîtrise de compétences numériques pour cheminer dans un parcours d'études ou pour effectuer des tâches dans le cadre d'un emploi, le développement des compétences au 21<sup>e</sup> siècle demande également de considérer des éléments comme l'éthique et la pensée critique. Selon le ministère de l'Éducation du Québec, les compétences du 21<sup>e</sup> siècle se définissent comme l'ensemble des « qualités et des aptitudes comme la pensée critique, la résolution de problèmes, la communication et la collaboration, l'esprit d'entreprise ou de projet, l'habileté à exploiter le potentiel des technologies et des ressources numériques, la créativité et l'innovation » (Ministère de l'Éducation, 2019). Plusieurs des tendances en formation décelées par ce rapport pointent vers la transformation numérique des parcours de formation et les défis soulevés par ce processus. L'un de ces défis provient d'ailleurs des enjeux éthiques qui sont associés à l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans les parcours de formation.

### 1.1.1. Les compétences numériques au 21<sup>e</sup> siècle

Dans l'édition précédente des *Tendances générales en formation minière*, l'une des trois pistes de recherche ciblées en conclusion du document portait précisément sur les questions

de l'intelligence artificielle. L'Institut recommandait d'analyser l'impact de l'intelligence artificielle sur les opérations minières ainsi que les compétences requises pour travailler de façon optimale avec les différentes applications technologiques liées à ce concept (Institut national des mines, 2022a). L'intelligence artificielle se positionnait alors comme l'une des tendances les plus répandues au sein des entreprises qui opèrent une transformation numérique. On y décelait également plusieurs initiatives du secteur de l'éducation pour inclure davantage les notions d'intelligence artificielle dans les programmes et les modes d'enseignement.

Dans la foulée du gain de popularité de l'intelligence artificielle, le gouvernement du Québec dévoilait au printemps 2022 son plan *Intelligence numérique*, un vaste chantier qui prévoit l'utilisation de l'intelligence artificielle pour soutenir la réussite éducative des élèves. Les initiatives liées à ce plan pour lequel le ministère de l'Éducation a injecté 10 millions de dollars sont résumées dans la **figure 4**.



Figure 4 : Infographie 1 du plan Intelligence numérique du ministère de l'Éducation du Québec

La figure 4 présentée ci-dessus indique non seulement que les compétences numériques sont nécessaires pour les apprenantes et les apprenants, mais également que divers publics cibles du réseau de l'éducation seront appelés à travailler avec de

nouveaux outils technologiques. Le gouvernement du Québec peut compter sur des acteurs-clés de l'écosystème de l'intelligence artificielle reconnus au Québec tels que l'Institut de valorisation des données (IVADO), MILA et l'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA) pour déployer son plan (ministère de l'Éducation du Québec, 2022). Les grandes orientations du plan *Intelligence numérique* du gouvernement du Québec sont plus longuement discutées dans la section *Initiatives et partenariats* au chapitre 1.1.4. du présent rapport. Une deuxième infographie liée au plan *Intelligence numérique* y est également dévoilée.

Tout comme le ministère, le milieu de l'éducation s'intéresse de plus en plus à l'intelligence artificielle. Cette technologie est en effet de plus en plus accessible et les programmes pour s'y initier émergent rapidement pour cibler un public de plus en plus jeune. Une initiative illustrant cette tendance provient de l'organisme québécois à but non lucratif CScience Le Lab qui a mis sur pied un projet pédagogique pour expliquer aux jeunes enfants comment fonctionne l'intelligence artificielle. Le projet baptisé Kat'IA consiste en trois vidéos en dessins animés dans lesquels les personnages, Kat'IA et Algo, abordent le fonctionnement des algorithmes. Une dizaine de « kits » pédagogiques numériques accompagnent ces vidéos pour permettre aux élèves d'approfondir les notions théoriques et de développer leurs compétences numériques par le biais d'activités éducatives. Ayant d'abord été déployé avec les enseignantes et les enseignants de l'École primaire internationale Guy-Drummond à Outremont, le projet peut désormais bénéficier à tous ceux et celles qui souhaiteraient aborder le sujet de l'intelligence artificielle avec leurs élèves (Magny, 2022).

Appliquée aux programmes d'études menant vers le secteur minier, l'intelligence artificielle apparaît également comme une technologie prometteuse, notamment en raison des grandes quantités d'informations à analyser, et ce, particulièrement

en géologie. À l'Institut national de la recherche scientifique, un établissement universitaire destiné exclusivement à la recherche et à la formation aux cycles supérieurs, une nouvelle approche d'apprentissage profond basée sur des algorithmes permettra de rendre plus précise l'exploration des territoires. Le projet consiste à entraîner des réseaux de neurones en parallèle traitant chacun un type de variable. À la fin du processus, un système combinera les prédictions de chaque réseau pour en arriver à une prédiction finale. Aux yeux du professeur M. Erwan Gloaguen, il s'agit d'une véritable révolution pour le traitement des informations géophysiques (Institut national de la recherche scientifique 2022).

Toutefois, puisque l'intelligence artificielle s'invite dans le milieu de l'éducation à grande vitesse, il apparaît primordial d'en comprendre les rouages et les bénéfices qui y sont associés, mais également d'en connaître les risques et les limites. À ce sujet, l'équipe d'Algora Lab et du Cégep de Rosemont a développé et mis à la disposition des enseignantes et des enseignants aux cycles supérieurs une trousse à outils intitulée *Intégrer l'éthique de l'intelligence artificielle en enseignement supérieur* (Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle, 2022). Ce document présente d'entrée de jeu les principes et la démarche de coconstruction de la Déclaration de Montréal. Cet engagement, constitué de 10 principes, 60 sous-principes et 35 recommandations, est le fondement pour l'élaboration d'une politique responsable et socialement acceptable de l'IA. Cette trousse à outils présente également aux enseignantes et aux enseignants ainsi qu'aux étudiantes et aux étudiants les principes fondamentaux de l'intelligence artificielle, les mythes qui y sont associés et les réalités caractérisant cette technologie. Le document propose en outre des scénarios prospectifs et un guide d'animation d'ateliers sur l'éthique et l'intelligence artificielle (Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle, 2022).



En observant l'évolution des compétences numériques du 21<sup>e</sup> siècle selon une perspective holistique, il apparaît important de considérer non seulement les avancées en formation, mais également les nombreuses innovations permises grâce à la recherche scientifique. Dans de nombreux établissements collégiaux et universitaires, les chaires de recherche en sciences ainsi que celles qui appuient la transformation numérique se multiplient. L'année 2022 a d'ailleurs permis à plusieurs établissements québécois de se démarquer à cet égard.

Par exemple, au niveau universitaire, l'Université du Québec à Montréal (UQAM) s'est classée à nouveau parmi le top 50 des universités canadiennes en recherche et au premier rang des universités québécoises sans faculté de médecine selon le classement de Research Infosource. Les « fondements théoriques et les développements appliqués de la recherche numérique et technologique » font partie des sujets abordés par les pôles d'excellence en matière de recherche de l'UQAM (Université du Québec à Montréal, 2022).

Du côté de la formation collégiale, la firme spécialisée Research Infosource a sacré le Cégep de Thetford troisième meilleur collège en recherche au Québec et neuvième au Canada. Les initiatives de recherche et l'appui de partenaires auront permis, au cours des dernières années, le développement d'innovations et de procédés technologiques reliés aux secteurs de la technologie minérale, de la plasturgie, des matériaux avancés, de la fabrication additive, de la chimie verte, de la mise à l'échelle de procédés ainsi que de la réalité virtuelle (Cégep de Thetford, 2022a).

Toujours en ce qui concerne le Cégep de Thetford, l'établissement a entrepris de faire rayonner les initiatives de vulgarisation scientifique des étudiantes et des étudiants par le biais des projets présentés lors de la finale locale d'Expo-sciences depuis quatre ans. Vingt projets collégiaux et quatre projets du secondaire ont été diffusés sur une plateforme virtuelle permettant aux visiteurs de découvrir le monde de la science à travers une panoplie de

sujets tels que la programmation informatique et les phénomènes géologiques (Cégep de Thetford, 2022b).

À Sept-Îles, le Cégep a annoncé l'ouverture d'un nouveau pavillon pour permettre aux personnes étudiantes de jumeler les compétences numériques à des enjeux d'actualité comme le développement durable. Ainsi, le nouveau pavillon accueillera des activités de formation en intelligence énergétique et en maintenance industrielle en plus de conserver le créneau du ferroviaire, une expertise déjà développée à Sept-Îles (Habel-Thurton, 2022).

Bref, notamment en raison de la pandémie de COVID-19, le début du 21<sup>e</sup> siècle a pu voir une accélération marquée, sur une période circonscrite dans le temps, de l'appropriation de compétences numériques par le grand public. Plusieurs initiatives continuent à alimenter ce phénomène d'appropriation, telle celle de l'organisation le Printemps numérique et de ses partenaires. Cette initiative, à laquelle étaient invités les jeunes de moins de 35 ans, a permis d'éveiller un plus grand nombre de jeunes sur les enjeux de la Charte du citoyen à l'ère du numérique et de la sécurité de l'information. S'étant déroulé du 1<sup>er</sup> février au 6 mars 2022, l'événement proposait une multitude d'activités en ligne pour permettre aux jeunes de développer leurs compétences numériques de façon divertissante et les informait à propos du traitement, de la diffusion et du stockage des données personnelles (École branchée, 2022).

### **1.1.2. Les compétences du 21<sup>e</sup> siècle en formation continue**

Les initiatives en formation continue avaient occupé une grande proportion des articles relevés dans la veille informationnelle du semestre précédent, notamment à cause de la crise sanitaire mondiale. Les entreprises et les établissements d'enseignement avaient en effet rapidement réorganisé leurs façons de faire pour permettre aux apprenantes et aux apprenants de poursuivre leur formation malgré la réduction des contacts humains. L'analyse des articles de l'infolettre *MineAvenir* publiés entre



le 3 février et le 23 juin permet de constater une part réduite de publications consacrées à ce sujet.

La veille a toutefois décelé un article qui met en lumière l'entreprise Partenariat Canadian Malartic qui a choisi de mettre l'accent sur les bénéfices de la formation continue sur simulateur pour former son personnel. Le recours à ce type de formation prépare les travailleuses et les travailleurs à utiliser les nouveaux équipements dont la mine a récemment fait l'acquisition. La formation sur simulateur répond également aux obligations légales liées à la santé et à la sécurité exigeant une formation reconnue avant d'affecter le personnel à de nouvelles tâches nécessitant des compétences spécifiques (Canadian Malartic, 2022).

### 1.1.3. Les compétences du 21<sup>e</sup> siècle en santé et en sécurité du travail

La santé et la sécurité du travail s'avèrent être des concepts d'autant plus importants en cette période où l'intelligence artificielle est de plus en plus utilisée en combinaison avec l'Internet des objets, et ce, plus précisément à travers le recours aux capteurs individuels. Plusieurs entreprises minières ont d'ailleurs déjà muni leurs travailleuses et leurs travailleurs de puces électroniques individuelles pouvant indiquer leur position dans la mine. Ces entreprises déploient plusieurs mesures pour assurer la santé et la sécurité de leurs travailleuses et de leurs travailleurs et leurs dirigeants sont constamment à la recherche d'outils ou de méthodes pour en augmenter la portée. L'entreprise ontarienne Sofvie, en collaboration avec le Cambrian College et le gouvernement de l'Ontario, travaille sur un projet de fabrication d'un dispositif porté par les travailleuses et les travailleurs miniers qui agit comme interrupteur lorsque celles-ci ou ceux-ci s'apprêtent à utiliser un équipement ou à effectuer des tâches pour lesquels elles ou ils n'ont pas reçu la formation adéquate. C'est grâce à la technologie de l'Internet des objets que le dispositif permettra

de valider en temps réel le niveau de formation de chacun, prévenant ainsi les accidents liés au manque de compétence (Cambrian College, 2022).

### 1.1.4. Les initiatives en formation émergeant de l'infolettre *MineAvenir*

Le **tableau 2** présente l'ensemble des initiatives en formation recensées dans l'infolettre *MineAvenir* entre le 3 février et le 23 juin 2022. Un nombre important de partenariats se sont créés entre diverses organisations pour soutenir le développement d'une offre de formation diversifiée.

Tableau 2 : Les initiatives en formation émergeant de l'infolettre *MineAvenir*

Pays	Organisations	Initiatives	Objectifs
Canada	Mine Odyssey, CFP Val-d'Or et Epiroc	Formation sur simulateur pour les opératrices et les opérateurs	Développer les compétences de manière efficace et sécuritaire
	Printemps numérique, École branchée, Communautaire, Tobo, Réseau des carrefours jeunesse-emploi du Québec et Musée de la civilisation de Québec	3 <sup>e</sup> édition du Mois Numérique Jeunesse	Offrir des activités en ligne pour les moins de 35 ans
	Collège Boréal et Mining Industry Human Resources Council (MiHR)	Formation hybride Mining Potentiel pour les postes d'entrée dans le secteur minier (modes virtuel et présentiel) d'une durée de 14 semaines	Favoriser l'employabilité des jeunes, des femmes et des nouveaux arrivants dans l'industrie minière
	Cégep de Sept-Îles, Centre d'entrepreneuriat et de valorisation des innovations (CEVI), Institut technologique de maintenance industrielle (ITMI), Centre de recherche et d'innovation en intelligence énergétique (CR2ie), Centre d'expertise ferroviaire RAIL (CEFRAIL), ArcelorMittal, Rio Tinto IOC, Pavemetrics, Société ferroviaire et portuaire de Pointe-Noire, Transport ferroviaire Tshiuetin, Société portuaire de Baie-Comeau, VIA Rail, Transports Canada et Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG)	Projets de la Zone d'innovation en mines et métaux 4.0, intelligence énergétique et industrie du rail (ZIMER)	Accroître la compétitivité industrielle et manufacturière et assurer la diversité économique de la région de la Côte-Nord
	Cégep de Thetford, Centre de services scolaire des Appalaches, Coalia et Kemitek	Organisation de la finale locale d'Expo-sciences	Permettre aux étudiantes et aux étudiants de remporter une bourse et de présenter à la population leurs projets de vulgarisation scientifique
	ArcelorMittal et Institut Tshakapesh	Grand rassemblement annuel des nouveaux diplômés innus du secondaire	Célébrer la réussite scolaire des jeunes innus de la Côte-Nord et de la communauté naskapie de Kawawachikamach
	Gouvernement du Québec, Institut de valorisation des données (IVADO), MILA et Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA)	Virage numérique en éducation visant une meilleure interprétation des données liées aux élèves	Outils les intervenantes et les intervenants du milieu scolaire
	Cégep virtuel, Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue, Cégep de Baie-Comeau, Cégep Beauce-Appalaches, Cégep de la Gaspésie et des Îles, Cégep de Matane, Cégep de La Pocatière, Cégep de Rimouski, Cégep de Rivière-du-Loup, Cégep de Shawinigan, Cégep de Thetford et Gouvernement du Québec	Cégep virtuel	Rendre accessibles les études supérieures en région par le biais d'une plateforme Web
	Institut national de recherche scientifique	Développement d'une nouvelle approche d'apprentissage profond	Faciliter l'interprétation des données provenant de l'imagerie aéroportée

Pays	Organisations	Initiatives	Objectifs
<b>Canada</b>	Université du Québec à Rimouski (UQAR)	Lancement d'une nouvelle chaire de recherche en éducation	Encourager les étudiants à développer un regard critique à propos de l'environnement et du développement durable
	Collège Boréal, Dynamic Earth, CEWIL Canada et NSS Canada	Déploiement d'un nouvel outil de formation pour les mineures et les mineurs souterrains	Améliorer l'offre de formation en y intégrant des outils utilisés par les entreprises minières
	Algora Lab, Collège de Rosemont et Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle	Dévoilement d'une trousse à outils à l'intention des enseignantes et des enseignants ainsi que des étudiantes et des étudiants	Intégrer les notions d'éthique de l'intelligence artificielle en enseignement supérieur
	Cégep Saint-Jean-sur-Richelieu, Centro Minero Regional Boyacá (CMRB), Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) et Collège communautaire du Nouveau-Brunswick	Projet de coopération internationale en Colombie	Favoriser la réussite scolaire et l'insertion professionnelle des étudiantes colombiennes inscrites à des formations menant au secteur minier
	Cambrian college, Sofvie inc. et Gouvernement de l'Ontario	Recherche pour la mise à niveau d'un dispositif électronique qui intègre l'Internet des objets (IoT)	Commercialiser un système qui analyse le niveau de formation des travailleuses et des travailleurs en temps réel pour prévenir les accidents
	Cégep de Chicoutimi, Cégep de Jonquière, Cégep de Saint-Félicien, Collège d'Alma et Université du Québec à Chicoutimi	Formation du Pôle sur les transitions en enseignement supérieur	Faciliter les transitions pour augmenter l'accès à l'enseignement supérieur et la réussite des étudiantes et des étudiants
	Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, communauté de Puvirnituq et communauté d'Ivujivik	Unité de recherche, de formation et de développement en éducation en milieu autochtone (URFDEMA)	Mettre en place un modèle de partenariat et de cogestion pour le développement et la mise en œuvre de l'offre éducative dans les communautés inuit
	Cégep de Sept-Îles	Construction d'un nouveau pavillon pour la recherche et l'innovation	Réaliser des bancs d'essai pour les secteurs ferroviaire, de la maintenance industrielle et de l'intelligence énergétique
	Université de Sherbrooke et Université Del Salvador	Projet de recherche pour recenser les pratiques existantes dans différents pays en matière d'intégration des objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU dans les programmes universitaires	Proposer un plan d'action visant à favoriser l'intégration et la promotion des ODD dans les curriculums, les pratiques pédagogiques et les stratégies d'enseignement
	Centre de formation professionnelle Harricana et Commission des partenaires du marché du travail (CPMT)	Rémunération des élèves pour suivre une formation en mécanique industrielle	Faciliter le recrutement d'élèves

## Outiller les réseaux d'éducation

En 2021, l'Institut national des mines publiait le *Diagnostic numérique 4.0 d'un programme d'études ou de formation* où la question du leadership numérique a fait surface. Le document a présenté, d'une part, la méthodologie d'une recherche exploratoire effectuée auprès d'établissements d'enseignement au sujet de leur perception de la maturité numérique de leurs programmes et, d'autre part, un outil de diagnostic pour accompagner les établissements dans l'analyse de leur organisation sur ce plan. « À la suite de l'application de l'outil sur deux programmes d'études, plusieurs constats émergent. Il s'agit notamment de la nécessité de développer les compétences numériques de toutes les catégories de personnel des établissements d'enseignement, d'offrir des formations en lien avec le numérique qui sont adaptées aux besoins du personnel, et d'effectuer un diagnostic numérique 4.0 des programmes et des établissements afin de mieux entreprendre ce virage holistique » (Institut national des mines, 2021).

L'annonce du plan *Intelligence numérique* par le ministère de l'Éducation du Québec au printemps dernier fait écho aux constats soulevés par l'Institut dans son outil de diagnostic. Ce grand chantier vise à rendre plus performant le réseau de l'éducation grâce à de nouveaux outils numériques et à la formation de leurs utilisateurs, autant du côté des directions que du personnel enseignant. Le ministère de l'Éducation du Québec compte sur trois partenaires d'envergure pour réaliser son plan. L'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA), l'Institut de valorisation des données (IVADO) et MILA auront comme responsabilité de déployer des outils modernes d'aide à la décision basés sur les meilleures pratiques en intelligence artificielle dans le domaine de l'éducation. Un volet du plan est spécifiquement consacré à la gouvernance et aux questions éthiques. D'ailleurs, d'autres partenaires issus du réseau de l'éducation travailleront étroitement avec le ministère afin

de mener à bien ce projet, soit les centres de services scolaires et les commissions scolaires, la Société de gestion des réseaux informatiques des commissions scolaires (GRICS), les établissements d'enseignement privés et la Fédération des centres de services scolaires du Québec.

Au coût de 10 M\$, le plan *Intelligence numérique* vise à combler les lacunes relatives à l'utilisation des données sur les effectifs scolaires et concernant les élèves; ces lacunes minent notamment les efforts de prévention du décrochage (Rioux, 2022). Ainsi, les nouveaux outils de gestion soutenus par l'intelligence artificielle qui seront déployés viendront outiller les centres de services scolaires, les gestionnaires d'établissements scolaires, le personnel enseignant et le ministère lui-même. Cela exigera à chacun d'acquérir de nouvelles compétences pour faire bon usage des nouvelles données produites.

La deuxième infographie du plan *Intelligence numérique* présentée par le ministère de l'Éducation (**figure 5**) expose les avantages attendus de la valorisation des données pour chacun des acteurs concernés (ministère de l'Éducation du Québec, 2022).

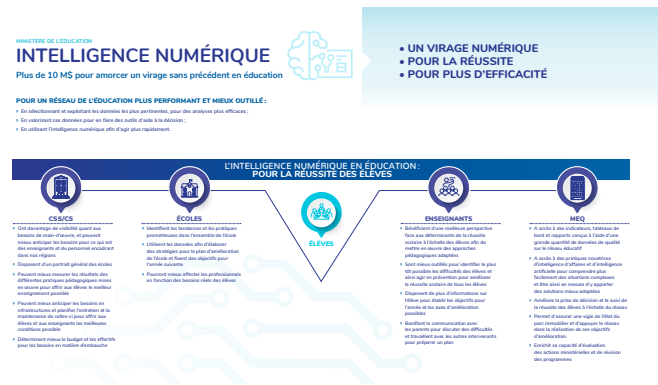


Figure 5 : Infographie 2 du plan *intelligence numérique* du ministère de l'Éducation du Québec

La réussite éducative des élèves ainsi que des étudiantes et des étudiants demeure au cœur des préoccupations des acteurs du réseau de l'éducation. Au Saguenay–Lac-Saint-Jean, le fait que le pourcentage de la population détenant un diplôme d'enseignement supérieur soit inférieur

de 11,6 % à celui de la population québécoise et que les collégiennes et les collégiens de cette région aspirent moins à poursuivre vers les études universitaires est préoccupant. Pour améliorer les transitions vers l'enseignant supérieur et pour favoriser la réussite scolaire, cinq établissements d'enseignement des réseaux collégial et universitaire se sont mobilisés pour former le Pôle sur les transitions en enseignement supérieur. Le Cégep de Chicoutimi, le Cégep de Jonquière, le Cégep de Saint-Félicien, le Collège d'Alma et l'Université du Québec à Chicoutimi collaborent pour déployer des conditions qui favorisent l'accès aux études supérieures et la réussite, l'adaptation des parcours de formation et l'insertion socioprofessionnelle des étudiantes et des étudiants. Ils ont exposé leur vision commune des enjeux entourant les transitions scolaires, que ce soit pour un retour aux études, un passage du collégial à l'université, du premier cycle universitaire vers les cycles supérieurs, un changement de programme ou encore l'intégration sur le marché du travail. Ensemble, ils ont plus précisément identifié cinq moments-clés pour lesquels le Pôle sur les transitions en enseignement supérieur devrait concentrer ses efforts et se doter d'outils :

1. La transition du retour aux études pour une requalification ou un rehaussement des compétences;
2. Les transitions interordres et intercycles : faciliter les cheminements d'études;
3. La transition vers l'enseignement supérieur des populations autochtones;
4. La transition de l'inclusion socioprofessionnelle des étudiantes et étudiants internationaux;
5. La transition vers les programmes en sciences, technologie, ingénierie, arts et mathématiques (STIAM). (Université du Québec à Chicoutimi, 2022a).

Toujours en vue d'outiller les acteurs du réseau de l'éducation et pour accompagner les enseignantes et les enseignants qui composent avec l'usage des nouvelles technologies et notamment celle de l'intelligence artificielle dans les programmes d'études, l'équipe d'Algora Lab de l'Université de Montréal et le Collège de Rosemont ont développé une trousse à outils afin d'intégrer l'éthique de l'intelligence artificielle en enseignement supérieur. Soutenu par le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA), le projet vise à former les enseignants et les enseignants sur les principes fondamentaux de l'intelligence artificielle et offre un guide d'animation d'ateliers délibératifs sur l'éthique de l'intelligence artificielle. Les outils sont accessibles gratuitement sur le site Internet du PIA (Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle, 2022).

Les trois exemples présentés plus haut, soit la formation du Pôle sur les transitions en enseignement supérieur, la conception de la trousse à outils et le plan *Intelligence numérique*, démontrent l'agilité avec laquelle des organisations québécoises s'associent pour mettre en place des mesures innovantes pour outiller les enseignantes et les enseignants dans leur travail. Ces organisations s'ouvrent de plus en plus à la collaboration et les expertises de chacune sont davantage partagées au bénéfice d'un plus grand nombre de personnes. Cette caractéristique a pu rayonner dans le cadre d'un projet de coopération internationale du Cégep Saint-Jean-sur-Richelieu et du Collège communautaire du Nouveau-Brunswick. Ces deux établissements d'enseignement ont partagé leurs connaissances avec le Centro Minero Regional Boyacá (CMRB) du Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) de la Colombie pour actualiser le programme d'études *Technologue en supervision des travaux miniers*. Ils ont également collaboré pour la formation technique et pédagogique du personnel enseignant, pour le développement et la mise en œuvre du volet services aux entreprises et pour l'achat de logiciels de formation spécialisés dans le secteur minier. Ce projet de coopération



internationale vise à soutenir la réussite et l'insertion professionnelle des étudiantes dans le secteur minier, un secteur traditionnellement masculin en Colombie (Cégep Saint-Jean-sur-Richelieu, 2022).

Du côté du Cégep de Sept-Îles, c'est la construction d'un nouveau pavillon pour la recherche et l'innovation qui permettra d'outiller les enseignantes et les enseignants dans leur travail. Ce pavillon, spécifiquement destiné aux formations dans les secteurs ferroviaire, de la maintenance industrielle et de l'intelligence énergétique, permettra de passer plus facilement de la théorie à la pratique. En effet, les étudiantes et les étudiants pourront, en collaboration avec des entreprises de la région, réaliser des bancs d'essai pour de nouveaux produits ou de nouvelles façons de faire. (Habel-Thurton, 2022).

Ce type d'outils visant à accompagner les enseignantes et les enseignants se multiplie et, au niveau universitaire, la revue NEO de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) révélait que l'établissement a mis au point une plateforme numérique destinée spécifiquement aux professeuses et aux professeurs ainsi qu'aux personnes chargées de cours de l'ensemble du réseau de l'Université du Québec. Ces derniers auront accès à une centaine de ressources pédagogiques allant des capsules vidéo aux applications numériques, en passant par des études de cas concrets et des outils d'aménagement et d'utilisation de la classe flexible pour l'enseignement universitaire (Hinse, 2022).

## L'intelligence artificielle et l'apprentissage profond

Plusieurs initiatives faisant appel à l'intelligence artificielle pour outiller les réseaux de l'éducation ont déjà été recensées dans le présent rapport. À l'Institut national de la recherche scientifique (INRS), une nouvelle approche de l'intelligence artificielle est développée pour traiter l'information géophysique lors des phases préliminaires de l'exploration minière. Le projet prévoit adapter des

architectures existantes en apprentissage profond pour interpréter des données qui proviennent de l'imagerie aéroportée. Il consiste à entraîner des réseaux de neurones en parallèle, traitant chacun un type de variable et, à la fin du processus, un système combine les prédictions de chaque réseau pour en arriver à une prédiction finale de la nature du sous-sol. Le projet se décline en étapes privilégiant d'abord un travail sur un réseau de neurones capable de mettre toutes les données à la même résolution, le montage d'une architecture de réseaux profonds pour la reconnaissance des données géophysiques et l'évaluation du potentiel de généralisation de l'algorithme (Institut national de recherche scientifique, 2022).

## Les technologies immersives et la simulation

L'Institut national des mines étudie l'apprentissage par l'entremise de simulateurs d'engins miniers depuis 2014 et publiait en 2016 le rapport de recherche intitulé *Pour une implantation réussie de la formation sur simulateur d'engins miniers au Québec*. Trois conditions de réussite ont à l'époque émané de ce rapport, soit l'importance de la concertation et des partenariats pédagogiques, la qualité des programmes de formation et le choix des simulateurs (Institut national des mines, 2016). Depuis, plusieurs établissements d'enseignement professionnel et collégial du réseau public se sont dotés de tels simulateurs. Afin d'en brosser le portrait, l'Institut a publié en 2019 les résultats de l'inventaire réalisé auprès des établissements d'enseignement et des entreprises minières. Il avait alors été démontré que les établissements publics d'enseignement favorisaient l'achat de simulateurs pour la formation initiale alors que les entreprises du secteur minier utilisaient davantage cette technologie pour la formation continue de leur personnel. Bien qu'une hausse de l'utilisation des simulateurs pour la formation soit observée, l'un des constats qui avait été dégagé par le recensement est que les simulateurs de haute-fidélité étaient en

2019 encore peu déployés dans les établissements publics d'enseignement et les entreprises du secteur minier (Institut national des mines, 2019).

L'engouement du secteur minier pour la formation par l'entremise de simulateurs ne se dément toujours pas en 2022, comme en témoigne le fait qu'au début de l'année 2022 l'entreprise Partenariat Canadian Malartic annonçait une collaboration avec le Centre de formation professionnelle Val-d'Or et le constructeur d'engins miniers Epiroc pour la formation continue d'opératrices et d'opérateurs d'engins miniers à la mine Odyssee. Les simulateurs haute-fidélité fournis par Epiroc plongent les apprenantes et les apprenants dans un environnement minier virtuel qui est programmé afin de reproduire de façon identique la conduite des véritables engins miniers. Les élèves du Centre de formation professionnelle Val-d'Or inscrits en formation initiale au DEP en extraction de minerai pourront également bénéficier de l'apprentissage sur ces simulateurs (Canadian Malartic, 2022). Bien que l'article relatif à l'annonce du partenariat révèle peu de détails sur la qualité du programme de formation, il permet cependant de constater que deux des trois conditions de réussite évoquées par l'Institut en 2016 ont été mises de l'avant dans ce projet, soit les partenariats pédagogiques et le choix de simulateurs haute-fidélité (Institut national des mines, 2016).

## Les plateformes numériques et la formation à distance

En Ontario, une entente survenue avec Dynamic Earth, CEWIL Canada et NSS Canada permet aux étudiantes et aux étudiants du Collège Boréal d'expérimenter en contexte de formation l'une des plus récentes technologies utilisées par les travailleuses et les travailleurs du secteur minier. Il s'agit d'un logiciel destiné aux ingénieures et ingénieurs miniers et aux géologues : The Miner Operated Survey System (MOSS). Grâce à ce partenariat, les personnes étudiantes apprennent non seulement à utiliser ce logiciel

de conception de mines dans un environnement souterrain, mais elles explorent également les façons d'intervenir pour le réparer, advenant une panne du logiciel (Northern Ontario, 2022).

Le Collège Boréal a également créé un nouveau programme de formation pour attirer davantage de jeunes, de personnes immigrantes et de femmes dans le secteur minier. C'est en partenariat avec le Conseil des ressources humaines de l'industrie minière (RHIM) que la formation d'une durée de 14 semaines est présentée sous forme hybride, intégrant les cours en présentiel et les sessions de formation en ligne (Kelly, 2022).

Au Cambrian College, la collaboration avec l'entreprise Sofvie et le gouvernement de l'Ontario mène à un projet de recherche pour la mise à niveau d'un dispositif électronique qui intègre l'Internet des objets (IoT) pour augmenter la sécurité des travailleuses et des travailleurs. Quatre chercheurs et entre six et douze étudiants sont impliqués dans la démarche. L'objectif est de commercialiser ce dispositif pour l'analyse du niveau de formation des travailleuses et des travailleurs en temps réel et ainsi prévenir les accidents (Cambrian College, 2022).

Au Québec, l'organisme Cégep virtuel, qui regroupe dix cégeps des régions du Québec, renouvelle son offre de cours à distance grâce à l'appui financier du gouvernement du Québec. Les cégeps de l'Abitibi-Témiscamingue, de Baie-Comeau, Beauce-Appalaches, de la Gaspésie et des Îles, de Matane, de La Pocatière, de Rimouski, de Rivière-du-Loup, de Shawinigan et de Thetford se sont dotés d'une offre de cours commune afin de favoriser la réussite des étudiantes et des étudiants. Créé en 2016, le Cégep virtuel offre depuis aux personnes apprenantes la possibilité de poursuivre leur formation collégiale entièrement à distance, de façon synchrone et en présence d'un enseignant. C'est le Cégep de La Pocatière qui agit comme mandataire pour ce projet (Réseau collégial du Québec, 2022).

## Initiatives et partenariats visant l'acquisition de compétences liées aux enjeux environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG)

L'importance accrue accordée aux critères environnementaux, sociaux et de gouvernance dans la gestion des activités des organisations amène les établissements d'enseignement universitaire à intégrer davantage ces concepts dans leur cursus scolaire. En ce sens, l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) a mis sur pied une nouvelle Chaire de recherche en éducation à l'environnement et au développement durable. À la suite d'études menées par l'université, il a été révélé que les jeunes ont le sentiment de ne pas être écoutés ou considérés dans la résolution des problématiques environnementales. Certains ont aussi développé de l'écoanxiété, soit une crainte importante et une appréhension des changements de l'environnement perçus comme irréversibles. L'objectif des travaux de la Chaire de recherche est d'encourager ces jeunes à développer un regard critique sur ces questions et à développer leurs compétences pour traiter des enjeux environnementaux dans un futur contexte professionnel. La Chaire de recherche en éducation à l'environnement et au développement durable entend collaborer avec le milieu scolaire pour mettre à la disposition des enseignantes et des enseignants des activités éducatives et tentera par la suite de mesurer l'impact de ces activités sur les jeunes (Leduc, 2022).

Du côté de l'Université de Sherbrooke, deux professeurs de l'École de gestion mènent un ambitieux projet de recherche au sujet du développement durable en collaboration avec l'Université Del Salvador à Buenos Aires en Argentine. Dans les faits, l'Université de Sherbrooke souhaite intégrer les objectifs de développement durable de l'ONU dans tous ses programmes de formation. L'hypothèse est qu'il existe potentiellement de

bonnes pratiques dans des universités ailleurs dans le monde qui pourraient être transposées à d'autres établissements d'enseignement. Pour les chercheuses et les chercheurs, il ne s'agit pas uniquement de s'attarder aux notions de développement durable qui sont inscrites au sein du contenu des programmes universitaires, mais également de considérer les processus et les approches pédagogiques (Verreault, 2022).

## Initiatives favorisant la découverte et témoignant la reconnaissance

Le Printemps numérique, l'École branchée, Communautaire, Tobo, le Réseau des carrefours jeunesse-emploi du Québec et le Musée de la Civilisation de Québec ont joint leurs forces pour l'organisation de la troisième édition du Mois Numérique Jeunesse. L'événement, destiné aux moins de 35 ans, visait à faire découvrir le monde des possibilités sur le Web. Le thème de la « transparence » en lien avec la gestion des données personnelles était à l'honneur cette année afin de sensibiliser les jeunes aux enjeux de la Charte du citoyen à l'ère du numérique (École branchée, 2022).

Le Cégep de Thetford, en collaboration avec le Centre de services scolaire des Appalaches, Coalia et Kemitek, a permis à 54 de ses étudiants ainsi qu'à 6 élèves de la Polyvalente de Black Lake et de Thetford de présenter à la population leurs projets de vulgarisation, d'expérimentation et de conception scientifique lors de la quatrième finale locale d'Expo-sciences (Cégep de Thetford, 2022b).

Dans la région de la Côte-Nord, l'Institut Tshakapesh, au service des communautés membres de la nation innue et impliqué dans les initiatives de réussite éducative et de développement identitaire de la jeunesse innue, peut compter sur un partenariat renouvelé avec ArcelorMittal. L'entreprise minière confirme ainsi un soutien financier de 15 000 \$ pour une période de trois ans afin d'encourager



la persévérance scolaire et de célébrer les réussites scolaires autochtones (ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c., 2022).

L'Unité de recherche, de formation et de développement en éducation en milieu autochtone (URFDEMA) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) a également annoncé divers projets en éducation autochtone. En partenariat avec les communautés inuit d'Ivujivik et de Puvirnituq au Nunavik, l'URFDEMA a mis en place un modèle de cogestion unique pour le développement de l'offre éducative sur ces territoires. L'URFDEMA privilégie une approche collaborative dans une perspective de prise en charge par les populations locales. Dans cette optique, trois autres projets de recherche liés à l'éducation en contexte nordique sont également en cours : *Distance culturelle entre l'éducation inuit et les processus de scolarisation*, *Partage de savoirs scientifiques au sein des communautés inuit du Nunavik* et *Partenariats Savoir et éducation autochtone* (Université de l'Abitibi-Témiscamingue, 2022a).

## Autres initiatives

Le Centre de formation professionnelle Harricana à Amos, en collaboration avec la Commission des partenaires du marché du travail (CPMT), a invité des élèves à bénéficier d'un programme de rémunération en s'inscrivant à une formation de mécanique industrielle. D'une durée de deux ans, le programme d'études préparera les élèves à intégrer le marché du travail en tant que mécaniciennes et mécaniciens industriels pouvant notamment évoluer dans des installations industrielles comme des scieries, des papetières et des mines (Guindon, 2022).

Finalement, la dernière initiative recensée dans cette section du rapport est le partenariat mis sur pied entre le Cégep de Sept-Îles et le Centre d'entrepreneuriat et de valorisation des innovations (CEVI). Ces derniers ont rendu publics les premiers projets de la Zone d'innovation en mines et métaux 4.0, intelligence énergétique et industrie du rail

(ZIMER). Il s'agit d'un vaste chantier qui touche plusieurs sujets abordés précédemment comme l'intelligence artificielle et le développement durable.

Ce sont plus spécifiquement trois projets de recherche qui verront le jour :

1. L'Institut technologique de maintenance industrielle (ITMI) travaillera sur un projet qui propose le déploiement de technologies avancées et de robots pour effectuer les inspections et autres opérations à haut risque pour le personnel. Pour ce projet intitulé « Inspection automatisée et intelligente des équipements et infrastructures en environnement hostile et contraint », l'ITMI pourra compter sur la collaboration d'ArcelorMittal et de Rio Tinto IOC.
2. De son côté, le Centre d'expertise ferroviaire RAIL (CEFRAIL) visera la réduction des défauts sur les voies ferrées et la diminution des risques de déraillement grâce au projet « Inspection et gestion sécuritaire des voies ferrées avec l'utilisation des technologies 3D et de l'intelligence artificielle ». Cette initiative impliquera l'expertise de nombreux partenaires privés dont Pavemetrics, ArcelorMittal, Rio Tinto IOC, la Société ferroviaire et portuaire de Pointe-Noire, Transport ferroviaire Tshuëtin, la Société portuaire de Baie-Comeau et VIA Rail ainsi que des partenaires du secteur public tels que Transports Canada et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).
3. Finalement, le Centre de recherche et d'innovation en intelligence énergétique (CR2ie) lancera le projet de « Locomotives carboneutres en milieu nordique par conversion à l'hydrogène » qui consistera à optimiser les performances énergétiques des locomotives par l'utilisation de l'hydrogène en vue de réduire, voire d'éliminer leur utilisation de carburant et leurs émissions de gaz à effet de serre. Des entreprises minières de la région de Sept-Îles seront d'ailleurs mises à contribution dans le cadre de ce projet (Cégep de Sept-Îles, 2022).

## 1.2. Les investissements et les partenariats financiers

Le **tableau 3** détaille les investissements financiers répertoriés par l'infolettre *MineAvenir* entre le 3 février et le 23 juin 2022. Alors que la sous-section précédente recensait les initiatives et les projets de collaboration pour accélérer l'acquisition des compétences, cette sous-section traite, quant à elle, de l'aspect financier des initiatives mises en place pour la formation.

Tableau 3 : Les investissements financiers recensés dans l'infolettre *MineAvenir*

Pays	Organisation	Montant	Objectif(s)
<b>Australie</b>	33 partenaires privés	90 M\$	Mise en place d'une chaîne d'approvisionnement pour les minéraux critiques
	Gouvernement de l'Australie	50 M\$	
<b>Canada</b>	ArcelorMittal	15 000 \$	Reconnaissance de la réussite éducative des jeunes innus
	Gouvernement du Québec	350 000 \$	Soutien à la commercialisation d'une borne de recharge pour engins miniers électriques
	Gouvernement du Québec	10 M\$	Amélioration de la performance du réseau de l'éducation grâce à un virage numérique
	Gouvernement du Québec	325 000 \$	Soutien, par une contribution annuelle, aux activités de l'organisme Cégep virtuel
	Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies (FRQNT) et ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)	379 000 \$	Soutien à l'Institut national de la recherche scientifique dans son projet de développement d'une nouvelle approche d'apprentissage profond pour traiter les informations géophysiques
	Caisse Desjardins de Rimouski	540 000 \$	Financement des travaux de la Chaire de recherche en éducation à l'environnement et au développement durable de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR)
	Gouvernement du Canada	2 G\$	Accélération de la production et du traitement des minéraux critiques et stratégiques au Canada
	Gouvernement de l'Ontario Sofvie inc.	150 000 \$ 150 000 \$	Mise à niveau d'un dispositif électronique qui intègre l'Internet des objets (IoT) pour analyser le niveau de formation des travailleuses et des travailleurs en temps réel
	Gouvernement du Canada	3,8 G\$	Annonce d'un budget pour le développement d'une stratégie sur les minéraux critiques
	Gouvernement de l'Ontario	2 M\$	Rénovation du campus de Sault College pour y implanter une école d'ingénierie
	Gouvernement du Québec Gouvernement du Canada	10 M\$ 7 M\$	Construction d'un pavillon pour la recherche et l'innovation au Cégep de Sept-Îles
<b>États-Unis</b>	Lunar Resources	6 M\$	Soutien à trois universités pour qu'elles développent des technologies qui aideront la NASA à extraire et à traiter les matériaux lunaires

Au cours des dernières années, durant lesquelles la pandémie de COVID-19 a ralenti l'économie mondiale, les gouvernements du Québec et du Canada ont réalisé d'importants investissements financiers pour soutenir des initiatives de formation et pour dynamiser l'activité économique. Plus récemment, ces deux paliers de gouvernements ont poursuivi leur implication financière dans des projets porteurs pour l'avenir et quelques-uns de leurs investissements ont été recensés par la veille informationnelle.

Au ministère de l'Éducation du Québec, l'accès rapide aux données sur le taux d'absentéisme, les inscriptions à certains programmes et le taux de diplomation a longtemps posé un défi (Rioux, 2022). Pour remédier à cette situation, le ministère a dévoilé son plan *Intelligence numérique* au coût de 10 M\$ qui vise à faire en sorte que le réseau de l'éducation soit plus performant et mieux outillé (ministère de l'Éducation du Québec, 2022). Des tableaux de bord concernant la réussite des élèves (ex. : absentéisme, diplomation), les ressources humaines (ex. : gestion de la main-d'œuvre) et les infrastructures (ex. : entretien, mise à niveau) pourraient être disponibles dès la rentrée 2022 (Rioux, 2022).

Le gouvernement du Québec a également annoncé sa participation financière à la hauteur de 10 M\$ dans le projet de construction d'un nouveau pavillon pour la recherche et l'innovation au Cégep de Sept-Îles. Pour sa part, le gouvernement du Canada investit 7 M\$ dans ce même projet (Habel-Thurton, 2022).

Toujours en vue de soutenir des initiatives en éducation et de faciliter l'accès aux études supérieures en région, le gouvernement du Québec a réitéré son engagement financier de 325 000\$ à l'organisme Cégep virtuel qui offre des cours en ligne en mode synchrone (Réseau collégial du Québec, 2022).

Ce même gouvernement, par le biais du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) et grâce au Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies (FRQNT), a également appuyé l'Institut national de la recherche

scientifique avec l'octroi d'un montant de 379 000 \$ pour son projet de développement d'une nouvelle approche d'apprentissage profond pour traiter les informations géophysiques (Institut national de la recherche scientifique, 2022).

Un dernier investissement du gouvernement du Québec présenté dans l'infolettre *MineAvenir* concerne Meglab Électronique inc. en Abitibi-Témiscamingue qui a obtenu un soutien financier de 350 000 \$ pour appuyer ses initiatives de commercialisation d'un nouveau type de borne de recharge pour engins miniers électriques. Le projet, d'un coût total de 849 000 \$, vise à organiser des démonstrations en situation réelle afin de présenter aux fabricants d'engins et aux entreprises minières les caractéristiques innovantes de ce chargeur (Cabinet de la ministre déléguée à l'Économie, 2022).

La Caisse Desjardins de Rimouski versera, quant à elle, 540 000 \$ sur cinq ans pour soutenir financièrement les travaux de la nouvelle Chaire de recherche en éducation à l'environnement et au développement durable (Leduc, 2022).

Sur la Côte-Nord, le plus grand employeur de la région, ArcelorMittal, a renouvelé son partenariat avec l'Institut Tshakapesh. L'entreprise octroie ainsi 15 000 \$ sur trois ans pour le Grand rassemblement annuel des nouveaux diplômés innus du secondaire. L'événement est organisé par l'Institut Tshakapesh qui œuvre à la sauvegarde et à la promotion de la culture innue en plus de jouer un rôle déterminant dans l'éducation et la réussite éducative de la jeunesse innue. Les sommes octroyées serviront à célébrer la réussite des jeunes de toutes les communautés innues de la Côte-Nord et de la communauté naskapie de Kawawachikamach (ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c., 2022).

En Ontario, le gouvernement provincial a annoncé l'octroi d'une aide financière de deux millions de dollars pour la rénovation du campus de Sault College. Le projet vise à y implanter une école d'ingénierie (Gouvernement de l'Ontario, 2022).

Au Cambrian College, le gouvernement ontarien injecte 150 000 \$ dans le projet de recherche pour la mise à niveau d'un dispositif électronique qui intègre l'Internet des objets (IoT) pour analyser le niveau de formation des travailleurs en temps réel. L'entreprise privée Sofvie, partenaire du projet, investit également 150 000 \$ (Cambrian College, 2022).

Les investissements du gouvernement fédéral canadien recensés dans la veille informationnelle visent à soutenir la stratégie entourant l'exploitation des minéraux critiques et stratégiques. Lors de la présentation de son budget 2022, le premier ministre du Canada a annoncé réserver deux milliards de dollars pour accélérer la production et le traitement des minéraux critiques et stratégiques nécessaires à la confection des batteries pour les véhicules électriques (Scherer, 2022).

L'Australie recherche aussi des façons d'améliorer son approvisionnement en matière de minéraux critiques et stratégiques. Trente-trois partenaires privés ajoutent 90 M\$ aux 50 M\$ déjà annoncé par le gouvernement australien pour la mise en place d'une chaîne d'approvisionnement en minéraux critiques pour soutenir les technologies émergentes, notamment les véhicules électriques et les produits nécessaires à la production de l'énergie renouvelable (Thompson, 2022).

Du côté des États-Unis, un article publié pour le compte de Corentino et portant sur les recherches de la NASA pour l'extraction de la glace lunaire révèle que l'entreprise Lunar Resources Inc. compte accorder jusqu'à deux millions de dollars à chacune des trois universités qui participent aux recherches portant sur le sujet. L'entreprise pionnière dans la fabrication spatiale, l'extraction de ressources hors de la Terre et l'utilisation de ressources *in situ* compte mettre à profit l'ingéniosité des étudiantes et des étudiants pour réaliser une série d'expérimentations. L'extraction de minéraux spécifiques à la fabrication sera l'une des priorités de l'équipe de l'Université des sciences et technologies du Missouri. Les scientifiques trouveront également des moyens

de traiter les régolithes contenant de l'anorthite commune, un type de roche repéré sur la lune. Ils travailleront à concevoir un équipement qui pourra être alimenté à l'aide de régolithe et qui en fera le traitement pour en extraire le calcium, le magnésium, le silicium et l'oxygène, qui pourraient être ensuite utilisés pour d'autres fabrications comme la céramique et le verre. Une équipe du Colorado College of Mines développera, pour sa part, des outils et des méthodes pour permettre la construction automatisée de routes minières, de plateformes d'atterrissage lunaires et de logements. Du côté de l'Université d'Auburn, des chercheuses et des chercheurs créeront une nouvelle technologie pour permettre aux dispositifs électroniques de maintenir leur fiabilité malgré le froid extrême de l'environnement lunaire (Martin, 2022).

### 1.3. Les nouveaux programmes et modes d'enseignement

Les mesures de distanciation sociale imposées par la crise sanitaire mondiale ont entraîné un accroissement substantiel de l'offre de formations en ligne. Dès le début de la pandémie de COVID-19 en 2020, différentes méthodes d'enseignement à distance ont été mises en place et les deux principales ayant émergé sont l'enseignement virtuel synchrone et l'enseignement virtuel asynchrone (The Conversation, 2022). Au cours des deux dernières années, l'Institut national des mines a recensé bon nombre d'exemples de nouveaux modes d'enseignement, de nouvelles plateformes numériques pour la formation et de mesures pour adapter les approches pédagogiques à cette nouvelle réalité. Dans le rapport des tendances du semestre précédent, le concept d'hyperpersonnalisation de la formation avait été identifié comme une tendance émergente permettant de donner aux apprenantes et aux apprenants une grande flexibilité dans leurs parcours éducatifs. Aujourd'hui, bien que les retours en classe en mode présentiel soient à nouveau permis, le recours aux modes d'enseignement en formule virtuelle ou hybride continue d'avoir



la cote. La prochaine section du rapport met en lumière les initiatives liées aux nouveaux programmes de formation et à l'émergence de modes d'enseignement diversifiés recensés dans la veille informationnelle entre le 3 février et le 23 juin 2022.

### 1.3.1. La diversification des modes d'enseignement

Bien avant la pandémie, le Cégep virtuel, qui regroupe les cégeps de l'Abitibi-Témiscamingue, de Baie-Comeau, de Beauce-Appalaches, de la Gaspésie et des Îles, de Matane, de La Pocatière, de Rimouski, de Rivière-du-Loup, de Shawinigan et de Thetford, avait lancé son offre de cours en ligne. Créé en 2016, le Cégep virtuel a comme mission d'encourager la diplomation d'un plus grand nombre de personnes étudiantes en leur offrant de poursuivre leurs études à distance. L'initiative se distingue grâce au partage de la charge de cours entre les 10 cégeps, permettant par le fait même d'offrir aux étudiantes et aux étudiants une formation synchrone se caractérisant par la présence d'une enseignante ou d'un enseignant (Réseau collégial du Québec, 2022).

Afin de favoriser l'employabilité des jeunes, des femmes et des nouveaux arrivants, le Collège Boréal, en partenariat avec le Conseil des ressources humaines de l'industrie minière (RHIM), a proposé une formation pour l'acquisition des compétences de base pour l'obtention d'un emploi dans l'industrie minière. D'une durée de 14 semaines, le programme propose 165 heures de formation théorique en formule hybride, soit en classe et en ligne, ainsi que 120 heures d'activités supplémentaires permettant d'expérimenter la réalité du terrain (Kelly, 2022).

L'acquisition des compétences numériques débute d'ailleurs de plus en plus tôt dans le parcours scolaire des personnes apprenantes. À l'École primaire internationale Guy-Drummond à Outremont, le projet Kat'IA a été développé pour expliquer aux jeunes comment fonctionne l'intelligence artificielle. Créé par l'organisme CScience Le Lab, le projet

consiste en trois vidéos en dessins animés et en une dizaine de « kits » pédagogiques pour permettre aux élèves d'apprendre et d'exercer leurs compétences dans ce domaine d'avenir (Magny, 2022).

L'intelligence artificielle sert également d'outil pour aider les jeunes à surmonter leurs difficultés plus rapidement. En collaboration avec l'Institut de valorisation des données de Montréal, l'organisation Alloprof a mené deux projets pour bonifier ses services auprès des élèves. Le premier, mis sur pied avec Polytechnique Montréal, est un moteur de recommandation qui propose automatiquement des explications en lien avec les questions posées par les élèves. Le second, développé avec l'École de technologie supérieure, est une synthèse vocale qui « lit » à voix haute des ressources pédagogiques pour permettre aux jeunes ayant des difficultés de lecture d'apprendre différemment (Alloprof, 2022).

La montée en flèche de l'intégration de l'intelligence artificielle en éducation requiert que les enseignantes et les enseignants qui abordent ce thème soient outillés pour ce faire. L'Algora Lab de l'Université de Montréal et le Cégep de Rosemont ont à cette fin développé et mis gratuitement à la disposition du personnel enseignant une trousse à outils afin d'intégrer la question éthique de l'intelligence artificielle en enseignement supérieur. Bien qu'elle soit principalement destinée aux enseignantes et aux enseignants, la trousse est aussi disponible pour les étudiantes et les étudiants qui voudraient en connaître davantage sur les principes fondamentaux de l'intelligence artificielle (Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle, 2022).

### 1.3.2. La réalité virtuelle, augmentée ou mixte et les simulateurs en formation

Selon une étude publiée par Global Market Insights et citée dans un article paru dans le magazine Ressources, Mines et Industrie, le marché des

simulateurs pour l'apprentissage des opératrices et des opérateurs travaillant dans le secteur minier connaîtra une forte croissance jusqu'en 2024 (INMQ, 2019). En plus des entreprises spécialisées dans la construction de simulateurs, les grands fabricants d'engins miniers ont également accéléré la mise en marché de simulateurs reproduisant la conduite de leurs propres engins. C'est notamment le cas de l'entreprise Epiroc qui, à la suite de la vente d'équipements à la mine Odyssey de l'entreprise Partenariat Canadian Malartic, a conclu une entente pour fournir des simulateurs pour la formation continue des opératrices et des opérateurs. Le projet est réalisé en partenariat avec le Centre de formation professionnelle Val-d'Or qui compte déjà divers outils de simulation pour la formation et qui pouvait offrir l'espace nécessaire pour accueillir les nouveaux simulateurs d'engins miniers fournis par Epiroc. Ainsi, les élèves inscrits au Centre de formation professionnelle Val-d'Or au DEP en extraction de minerai pourront plus aisément intégrer l'apprentissage sur simulateurs dans leur parcours éducatif. (Canadian Malartic, 2022).

### 1.3.3. Repenser les programmes de formation

Une revue générale de l'actualité permet de constater une apparition de programmes de formation liés à l'intelligence artificielle au cours des derniers mois. Par exemple, l'Université Concordia a fait l'annonce du lancement de son Institut d'intelligence appliquée dont le mandat sera d'aborder les questions de gouvernance de l'intelligence artificielle qui défient les traditions de réglementation habituellement observées avec l'usage de technologies. L'université prévoit concentrer ses travaux autour de trois grands axes de recherche : les effets des applications de l'intelligence artificielle sur la société dans son ensemble, les méthodes d'apprentissage profond en imagerie médicale scientifique et l'intégration de l'intelligence artificielle dans les villes intelligentes, l'industrie et la fabrication ainsi que l'aérospatiale (Université Concordia, 2022).

Quant à elle, l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) a bonifié son programme de baccalauréat en informatique en y ajoutant cinq nouvelles concentrations. Les étudiantes et les étudiants pourront orienter leur carrière en informatique en se spécialisant dans les secteurs suivants : la cybersécurité défensive; la programmation Web, mobile et en nuage; le développement et la qualité des logiciels; l'intelligence artificielle appliquée; et la réalité virtuelle et les environnements immersifs. Les objectifs derrière cette refonte du programme sont de former des spécialistes de l'informatique capables de participer au développement de la haute technologie et de répondre aux besoins de main-d'œuvre dans ce secteur en pleine croissance partout dans le monde (Université du Québec à Chicoutimi, 2022b).

## 1.4. La diversification des personnes apprenantes et de la main-d'œuvre du secteur minier

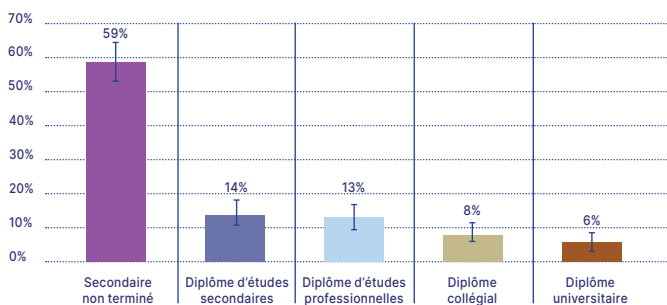
L'examen du **tableau 1** du présent rapport permet de constater la recension dans l'infolettre *MineAvenir* d'une forte concentration d'articles ayant pour sujet la diversité des personnes apprenantes et de la main-d'œuvre dans le secteur minier. Si, dans les dernières éditions des *Tendances générales en formation minière*, les articles répertoriés concernant la diversité mettaient davantage l'accent sur les femmes et les Autochtones, la présente publication attire l'attention sur d'autres profils tels que les personnes immigrantes, les personnes transgenres et celles aux origines ethniques diversifiées.

L'article « Emploi et éducation chez les Premières Nations » publié par la Commission de la santé et des services sociaux des Premières Nations du Québec et du Labrador (CSSSPNQL) s'attarde à un des volets de sa vaste recherche intitulée *Enquête sur le développement de la main-d'œuvre et de l'emploi des Premières Nations* (EDMEPN). Les résultats de l'enquête réalisée auprès de plus de 1 300 personnes âgées entre 15 et 64 ans ont été présentés en sept cahiers traitant

divers aspects de la formation et de l'emploi des Premières Nations. Le troisième cahier révélait plus particulièrement les facteurs qui influencent les orientations en lien avec la place du travail dans la vie des Autochtones interrogés, tels que leurs valeurs, leurs préférences et leurs aspirations. Les résultats sont présentés en deux grandes sections, soit les statistiques en lien avec la formation et les compétences ainsi que celles liées au développement des carrières professionnelles. Parmi les faits saillants de la section « formation », il est observé que les personnes de 15 à 17 ans interrogées fréquentent l'école dans une proportion de 86 % alors que, chez les 18-24 ans, cette proportion diminue à 41 %. Sur le plan de la diplomation, la **figure 6** illustre le fait que 8 % des personnes répondantes ont un diplôme collégial tandis que 6 % d'entre elles détiennent un diplôme universitaire.

En ce qui a trait aux orientations de leurs choix de carrière, les personnes répondantes ont révélé être davantage préoccupées par la richesse collective de la communauté plutôt que par la recherche de profits individuels. Ainsi, la grande majorité (91 %) des travailleuses et des travailleurs vivant dans des communautés des Premières Nations y occupent aussi un emploi afin de demeurer près de leur famille et de contribuer au bien commun (Commission de la santé et des services sociaux des Premières Nations du Québec et du Labrador, 2022).

Répartition des individus selon le plus haut niveau d'éducation atteint (n=1276)



**Figure 6 : Répartition des individus selon le plus haut niveau d'éducation atteint**

En ce sens, l'Unité de recherche, de formation et de développement en éducation en milieu autochtone (URFDEMA) de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT) a mis au point un modèle de partenariat et de cogestion unique privilégiant une prise en charge par les populations locales du développement de l'offre éducative dans les communautés inuit d'Ivujivik et de Puvirnituk au Nunavik. L'Unité poursuit son travail de collaboration avec ces communautés avec trois autres projets de recherche où les valeurs, la langue et la culture sont au cœur des préoccupations :

### **Projet 1 : « Distance culturelle entre l'éducation inuit et les processus de scolarisation »**

Ce projet vise à définir et à comprendre la distance culturelle qui existe entre les processus d'éducation traditionnels et la réalité de la scolarisation dans les établissements des communautés inuit dans le but d'adapter le programme scolaire et la formation des enseignantes et enseignants.

### **Projet 2 : « Partage de savoirs scientifiques au sein des communautés inuit du Nunavik »**

Ce projet a pour but de rendre plus accessibles les résultats de travaux de recherche de l'Unité à l'ensemble des communautés en publiant un livre en inuktitut, portant sur l'histoire du développement de l'éducation à Ivujivik et à Puvirnituk ainsi que sur le cheminement des enseignantes et des enseignants inuit.

### **Projet 3 : « Partenariats Savoir et éducation autochtone »**

L'objectif de ce projet est de soutenir, de créer et de partager des initiatives éducatives autochtones. Les professeures et les professeurs œuvrant au sein de l'Unité ont eu l'occasion de récolter des informations quant à diverses initiatives offrant l'occasion aux élèves de s'approprier leur culture par le biais de diverses activités traditionnelles (Université de l'Abitibi-Témiscamingue, 2022a).



Dans une entrevue réalisée pour le compte du *Canadian Mining Journal* et publiée sur le site Mining.com, les auteurs du livre *Weaving Two Worlds: Economic Reconciliation Between Indigenous Peoples and the Resource Sector*, Mme Christy Smith et M. Michael McPhie, se confient sur l'importance de bâtir des relations de confiance, voire de créer des alliances entre les entreprises minières et les communautés autochtones. Tous deux travaillant au sein de la firme Falkirk Environmental Consultants en Colombie-Britannique, les auteurs (l'un étant autochtone et l'autre pas) ajoutent qu'il est indispensable, dans un premier temps, de s'attaquer aux préjugés inconscients pour établir des relations saines et productives avec les communautés autochtones (Hivate, 2022).

L'industrie minière, comme d'autres, est consciente de la valeur d'une main-d'œuvre qualifiée et innove constamment pour attirer de nouveaux talents et les retenir. L'organisme australien Cultural Infusion a mis sur pied une approche pour y parvenir. Cet organisme accompagne les entreprises minières dans leur développement organisationnel en s'attardant aux bénéfices résultant de l'embauche d'une main-d'œuvre davantage diversifiée. Selon cette organisation, les dirigeantes et les dirigeants des entreprises minières ne devraient pas uniquement se réjouir d'un plus grand nombre de femmes qui occupent un poste dans l'industrie, mais devraient également accorder une plus grande importance à la façon dont est gérée la diversité au sein des entreprises. Une bonne gestion de la diversité favorise non seulement une plus grande productivité, mais aussi l'innovation, souligne M. Peter Mousaferiadis, fondateur de Cultural Infusion (Murphy, 2022).

La culture des entreprises du Québec et du Canada favorise généralement l'inclusion et la diversité en emploi, et le secteur minier n'y fait pas exception. Deux articles publiés dans l'infolettre *MineAvenir* entre le 3 février et le 23 juin 2022 ont mis de l'avant des portraits de personnes qui démontrent cette ouverture de l'industrie minière sur la diversité. Au

Québec, il est tout d'abord question de Juliette Gagnon, une travailleuse des mines ayant effectué un traitement de changement de sexe. Elle y raconte son parcours depuis ses études au DEP en extraction de minerai au Centre de formation professionnelle jusqu'à son embauche à la mine Casa Berardi de l'entreprise Hecla Québec (Inforoute FPT, 2022). Du côté du Canada anglophone, c'est au Yukon que M. Peter Risby's est reconnu comme étant la première personne noire à être intronisée au Temple de la renommée de l'industrie minière canadienne (Canadian Mining Hall of Fame). En plus d'être un exemple de persévérance scolaire, M. Risby's, qui croyait en l'importance de l'éducation, a passé de nombreuses années à enseigner la prospection et l'identification des minéraux aux étudiantes et aux étudiants autochtones de sa communauté (Waddell, 2022).

Force est de constater que les exemples de diversité des apprenantes et des apprenants ainsi que de la main-d'œuvre du secteur minier tendent à se multiplier. Les initiatives des établissements d'enseignement pour attirer davantage d'étudiantes et d'étudiants aux profils diversifiés sont ainsi en constante augmentation. Au même moment, les entreprises reconnaissent les bénéfices liés à l'emploi d'une main-d'œuvre aux différents profils et misent sur des stratégies d'inclusion pour améliorer leur performance.

# 2

## LES TENDANCES TECHNOLOGIQUES DE L'INDUSTRIE MINIÈRE

Les dirigeants des sociétés minières reconnaissent le rôle central qu'occupe le développement de nouvelles technologies pour assurer l'accroissement de l'efficacité de leur entreprise. Les outils technologiques qui augmentent la productivité des exploitations minières et qui appuient la main-d'œuvre dans la réalisation de leurs tâches se développent d'ailleurs à grande vitesse. La maîtrise de compétences numériques par les travailleuses et les travailleurs leur permettant d'utiliser ces nouvelles technologies est donc primordiale. Les sections précédentes du présent rapport ont démontré qu'une multitude d'initiatives sont déployées pour donner à la main-d'œuvre les moyens d'y parvenir.

Bien que l'adoption de nouvelles technologies soit déjà bien entamée dans le secteur minier, 70 % des chefs de direction des sociétés minières mondiales prévoient poursuivre leurs investissements dans la transformation numérique de leur entreprise au cours des trois prochaines années, selon un sondage réalisé par PwC. Le sondage révèle également que, malgré le fait que l'intelligence artificielle, la connectivité des équipements et l'analyse des données apportent des solutions novatrices, de nombreux projets numériques déçoivent puisque le rendement escompté n'est pas toujours au rendez-vous (PwC Canada, 2022). Par exemple, dans certaines situations, les informations provenant de systèmes différents procurent une image fragmentaire des activités de l'entreprise et créent un décalage pour la prise de décision. Certains autres projets d'implantation de nouvelles technologies échouent faute d'implication du personnel (Guilbault, 2022).

Pour développer la main-d'œuvre du futur, un bon alliage d'ingéniosité humaine et d'innovation technologique est nécessaire. Toutefois, il est parfois difficile d'atteindre cet objectif en entreprise. Certaines entreprises minières ont de la difficulté à motiver et à conduire leur personnel sur le chemin de la transformation numérique. Les travailleuses et les travailleurs ont en effet un rythme et une capacité d'adaptation qui

varient d'un individu à l'autre. C'est pourquoi il apparaît judicieux d'implanter progressivement les nouvelles technologies (PwC Canada, 2022).

La section suivante met l'accent sur des articles consacrés aux outils technologiques et aux processus innovants de l'industrie minière dans la veille informationnelle du 3 février au 23 juin 2022.

Tableau 4 : Les tendances générales en technologie dans le secteur minier

Tendances technologiques du secteur minier		Nombre d'articles abordant le sujet
<b>Données</b>	→ Intelligence artificielle	1
<b>Automatisation</b>	→ Engins, transport et opérations autonomes ou télécommandées	1
<b>Autres technologies</b>	→ Engins miniers électriques	6
	→ Sources d'énergie renouvelable	2

## 2.1. Les données

Le recours à l'intelligence artificielle continue à susciter l'intérêt des entreprises et certaines n'hésitent pas à mettre en place des chantiers pour l'expérimentation de cette technologie. C'est le cas d'ArcelorMittal qui, en collaboration avec le Centre d'expertise ferroviaire RAIL du Cégep de Sept-Îles (CEFRAIL), teste l'intelligence artificielle pour l'entretien de la voie ferrée qui sert à acheminer son minerai de Fermont à Port-Cartier. Le projet consiste à analyser plus rapidement, voire en temps réel, l'importante quantité de données recueillies par les capteurs et les caméras installés sur un véhicule de l'entreprise québécoise Pavemetrics, chargé de circuler sur la voie ferrée pour détecter les défauts. Il est à noter que déjà quatre autres exploitants ferroviaires sur la Côte-Nord profitent de l'expertise développée par le CEFRAIL et Pavemetrics, soit Rio Tinto Canada, SFP Pointe-Noire, Transport ferroviaire Tshiué et la Société du port ferroviaire de Baie-Comeau (SOPOR) (Gagné, 2022).

## 2.2. L'automatisation

L'industrie minière utilise déjà les engins miniers entièrement autonomes pour l'exploitation des ressources naturelles. Plus souvent, ceux-ci sont

issus de nouvelles fabrications par les grands constructeurs d'engins. En 2022, la très grande majorité des engins miniers en activité ne sont cependant pas dotés de cette technologie. Les entreprises SafeAI, un leader en automatisation de véhicules, et MACA, un entrepreneur minier, s'unissent pour moderniser un parc de cent engins miniers traditionnels. Ensemble, ces entreprises travaillent à implanter la technologie permettant de les transformer en engins autonomes. La société MACA était à la recherche de solutions pour augmenter l'efficacité des opérations et la sécurité sur les chantiers sur lesquels elle travaille. Elle ne souhaitait cependant pas remplacer la centaine d'engins miniers dont elle dispose. C'est ainsi que cette entreprise a choisi la technologie proposée par SafeAI. Sa plateforme est interopérable et indépendante des véhicules, ce qui permet aux entreprises d'exploitation minière d'implanter la technologie sur n'importe quel engin, de n'importe quel fabricant, les dotant ainsi des dispositifs les rendant autonomes. C'est grâce à l'ajout de capteurs multimodaux avancés et à un système de traitement des données que les engins miniers pourront prendre de manière autonome des décisions efficaces et précises pour assurer le bon déroulement des opérations en toute sécurité. Selon M. Bibhrajit Halder, fondateur et directeur général de SafeAI,

l'industrie minière est allée aussi loin que possible avec les premières itérations de l'automatisation et il faut maintenant miser sur la prochaine génération d'autonomie, alimentée par l'IA, pour apporter un changement significatif à l'industrie minière (Moore, 2022). À terme, cette innovation permettra à bon nombre d'entreprises minières de recycler leurs engins miniers traditionnels en de nouveaux engins à la fine pointe de la technologie.

## 2.3. Autres technologies

### 2.3.1. Les engins électriques miniers et les ressources nécessaires à leur fabrication

La transition énergétique et l'électrification des exploitations minières s'accroissent et, par conséquent, de plus en plus de mines ont recours à l'utilisation d'engins miniers électriques. Un rapport de l'Institut national des mines précise d'ailleurs à ce sujet que la vaste majorité des projets miniers entreprendront leur transition vers les engins miniers hybrides ou électriques d'ici 2030. Selon ce même rapport, « 37,5 % des mines et des projets miniers du Québec mentionnent que leur entreprise a rédigé ou est en train de rédiger un document corporatif visant à baliser leur transition vers l'utilisation d'engins miniers hybrides ou électriques » (Institut national des mines, 2022b). Pour soutenir cette transition, de nouveaux besoins en matière d'infrastructures électriques et de bornes de recharge verront le jour. Par exemple, l'entreprise Meglab Électronique inc. a récemment lancé une nouvelle borne de recharge pour les engins miniers électriques. Compatible avec différents types de véhicules provenant de différents manufacturiers, la borne de recharge est conçue pour fournir de l'énergie à plusieurs engins miniers électriques simultanément. Cette initiative vise à inciter l'industrie minière à utiliser davantage d'engins électriques pour ses opérations en facilitant les activités de recharge. L'entreprise originaire de l'Abitibi-Témiscamingue a d'ailleurs obtenu un soutien financier du gouvernement du Québec

afin d'organiser des démonstrations en temps réel de cette technologie pour les potentiels clients (Cabinet de la ministre déléguée à l'Économie, 2022).

Le gouvernement québécois a également prévu des investissements importants d'ici 2026 pour soutenir l'implantation des zones d'innovation au Québec afin de stimuler la création et la croissance d'entreprises innovantes ainsi que de soutenir celles-ci dans les phases de commercialisation des innovations et de conquête de nouveaux marchés. La mesure vise aussi à accroître les investissements privés, locaux et étrangers et à soutenir la croissance propre et durable des entreprises du Québec. En ce sens, les premiers projets des zones d'innovation sont notamment en lien avec le secteur minier et les priorités gouvernementales pour ce secteur, telles que la Stratégie québécoise de développement de la filière batterie et la Stratégie québécoise sur l'hydrogène vert et les bioénergies (Cision, 2022).

Toujours en matière d'électrification, la société State of Play aborde, dans son rapport intitulé *The Electric Mine Consortium: a case study in transformative collaboration*, la question de l'électrification de l'industrie minière. Dans son rapport, State of Play évoque cette question en se projetant au-delà de la simple électrification des parcs d'engins miniers. Le rapport détaille les principaux défis de l'électrification des mines et les solutions technologiques permettant la réduction des émissions de carbone dans le cadre des activités d'exploitation minière. Les défis majeurs qui sont évoqués sont les suivants :

1. Le design et la conception de la mine (comprenant les systèmes de ventilation);
2. Le stockage de l'énergie;
3. L'infrastructure électrique;
4. Les équipements lourds et les engins miniers souterrains;
5. Les équipements légers et auxiliaires;
6. Le transport à la surface et les longues distances parcourues.

En conclusion du rapport, les auteurs accordent une importance particulière aux compétences requises pour soutenir le passage vers des mines plus durables (State of Play, 2022).

Pour soutenir ce virage vers l'électrification du secteur minier et répondre à la demande croissante pour des engins miniers électriques, une grande quantité de minéraux critiques et stratégiques sont requis. Dans son dernier budget, le gouvernement canadien a annoncé la création de la première stratégie des minéraux essentiels du Canada. Ainsi, le gouvernement s'engage à investir jusqu'à 3,8 milliards de dollars sur huit ans dans le secteur des mines et des métaux afin d'augmenter l'extraction et la production de nickel, de lithium, de cobalt, de cuivre, de titane, de zinc et d'autres minéraux qui sont utilisés comme composants dans les véhicules électriques et leurs batteries (Stephenson, 2022). L'objectif ultime est de créer une chaîne d'approvisionnement nationale pour subvenir aux besoins en matière de minéraux critiques et stratégiques nécessaires à la construction de véhicules électriques.

Dans un même ordre d'idées, la première mine de terres rares à être exploitée au Canada, la mine Nechalacho de Cheetah Resources, a annoncé une première livraison de minéraux concentrés extraits de ses installations situées dans les Territoires du Nord-Ouest. À l'heure actuelle, près de 60 % de ces minéraux sont extraits en Chine. Il s'agit donc d'un premier pas pour le Canada vers la création d'une chaîne d'approvisionnement locale. Selon M. David Connelly, président de Cheetah Resources, la mine Nechalacho envisage de produire 25 000 tonnes de concentrés par année d'ici 2025. Il soutient également que le gisement est suffisamment vaste pour assurer l'approvisionnement en minéraux pendant plusieurs décennies. Lorsque la production aura atteint son plus haut niveau, la mine prévoit employer 150 travailleuses et travailleurs dans les Territoires du Nord-Ouest et environ 40 autres à Saskatoon (Radio-Canada, 2022b).

L'exploitation des minéraux critiques et stratégiques suscite aussi l'intérêt en Australie où le gouvernement, l'Université de Queensland et 33 partenaires issus du secteur privé s'associent pour créer une structure d'approvisionnement locale pour ces minéraux. À l'image des constats observés par le Canada, l'Australie souhaite également diminuer sa dépendance à la Chine pour s'approvisionner en minéraux critiques et stratégiques (Thompson, 2022). Les experts prédisent que le marché des minéraux critiques et stratégiques et des terres rares connaîtra une forte croissance, passant de 6,8 milliards de dollars en 2021 à plus de 12 milliards de dollars d'ici 2026 (Radio-Canada, 2022).

### **2.3.2. Le développement durable de l'industrie et les sources d'énergie renouvelable**

En quête de moyens pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES), les entreprises minières se tournent vers diverses méthodes pour réduire, voire remplacer le recours à l'énergie fossile. Dans un article publié par l'Australian Renewable Energy Agency (ARENA), on apprend que l'entreprise Gold Fields group a déployé un système d'éoliennes à la mine Agnew Gold Mine, devenant ainsi la première mine australienne à utiliser cette source d'énergie pour soutenir ses opérations. Les éoliennes font partie du microréseau d'énergie hybride de la mine qui comprend également des panneaux solaires, des dispositifs de stockage sur batterie et une turbine à essence de réserve. Cette pratique innovante vise notamment à démontrer aux entreprises minières le potentiel associé à la réduction de leur dépendance aux sources d'énergie fossile. L'entreprise déclare vouloir poursuivre sa transition énergétique pour atteindre son objectif, soit celui d'exploiter la mine en utilisant des sources d'énergie renouvelable à 100 % (Australian Renewable Energy Agency, 2022). Si la recherche de solutions durables pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et le concept de transition énergétique sont des sujets qui préoccupent l'industrie, ils sont également



des sujets d'actualité pour les gouvernements de plusieurs pays qui, eux, mettent en place et imposent des cibles de réduction pour les entreprises.

Les auteurs M. Johannes Urpelainen et M. Chetan Hebbale se sont intéressés aux initiatives de transition énergétique des États-Unis et ont proposé de créer des pôles d'innovation pour étudier cette question. Les investissements réalisés dans le cadre de ces pôles serviraient à soutenir la recherche de nouvelles solutions plutôt que d'encourager la simple mise à niveau de technologies existantes. Leur proposition est que les pôles se concentrent en priorité sur trois enjeux, soit la décarbonisation des industries lourdes, la création d'une chaîne d'approvisionnement résiliente pour les minéraux essentiels et le développement d'une main-d'œuvre spécialisée dans les énergies propres.

En ce qui a trait au pôle d'innovation sur la chaîne d'approvisionnement des minéraux critiques et essentiels, les auteurs estiment que le contexte géopolitique constitue un risque majeur en ce qui concerne l'importation de ces minéraux. L'énergie éolienne et la construction de véhicules électriques sont entre autres grandement dépendantes de ces ressources. Les auteurs croient qu'il est par conséquent essentiel de mettre en place un centre de minéraux critiques afin d'identifier les substitutions minérales et technologiques en cas de vulnérabilité de la chaîne d'approvisionnement, d'ouvrir des mines pour accéder aux sources nationales de terres rares et d'améliorer la technologie de recyclage et de récupération des minéraux. Sans ce type d'innovation, la transition vers l'énergie renouvelable sera à la merci de la volatilité imprévisible des prix, des perturbations de la chaîne d'approvisionnement et des extorsions géopolitiques d'une poignée de pays qui contrôlent l'accès à la plupart des minéraux.

Finalement, concernant la formation de la main-d'œuvre, les auteurs considèrent qu'une stratégie cohérente en cette matière dans le domaine de l'énergie propre est essentielle. À l'heure actuelle, 1,5 million d'Américaines et d'Américains occupent

des emplois liés aux secteurs du pétrole et du charbon et il est urgent d'organiser la requalification des travailleuses et des travailleurs pour des emplois liés aux technologies vertes. Les auteurs mentionnent que le pôle d'innovation traitant de cet enjeu pourrait héberger et faciliter des programmes d'apprentissage destinés aux jeunes adultes afin de mettre ces derniers en relation avec des entreprises d'énergie propre, des organismes publics et des entreprises d'efficacité énergétique (Urpelainen et Hebbale, 2022).

La lecture du précédent article soulève la question des moyens mis en place au Canada pour soutenir la transition énergétique du pays. Dans un article publié par M. Stéphane Bordeleau pour le compte de Radio-Canada, il est rapporté que le gouvernement canadien n'est pas préparé à soutenir les dizaines de milliers de travailleuses et de travailleurs ainsi que les communautés qui subiront des impacts liés à la transition énergétique. À la suite d'une série d'audits à Ressources naturelles Canada et à Emploi et Développement social Canada, le commissaire à l'environnement et au développement durable du Canada, M. Jerry V. DeMarco, a déclaré « qu'il n'y avait en place aucun plan de mise en œuvre fédéral, aucune structure de gouvernance officielle, ni aucun système de suivi et de rapport visant à appuyer une transition équitable » (Bordeleau, 2022). Selon Ressources naturelles Canada, un texte de loi sur une transition énergétique équitable devait être présenté à l'automne 2021, mais la pandémie a retardé son élaboration.

### 3. Conclusion et pistes de recherche privilégiées afin d'orienter les prochaines activités de veille de l'Institut national des mines

Ce rapport portant sur les tendances générales en formation minière répertoriées par la veille informationnelle entre le 3 février et le 23 juin 2022 met en relief les plus récentes initiatives en formation et présente les technologies mises à l'essai par le secteur minier. L'émergence de nouveaux partenariats entre diverses organisations représente l'une des principales tendances révélées par cette veille. Les organisations deviennent à la fois de plus en plus spécialisées numériquement et de plus en plus ouvertes à collaborer et à partager leur expertise. L'ouverture à la diversité ressort également comme une des tendances marquantes de ce rapport. Les apprenants et les apprenantes de diverses origines et de sexe ou de genre divers sont de plus en plus nombreux à manifester leur intérêt pour occuper un emploi dans le secteur minier (voir le tableau 1).

Quant à elles, les initiatives impliquant l'intelligence artificielle continuent d'avoir la cote, tant du côté des parcours de formation que du côté des entreprises minières. La multiplication des données disponibles rend leur analyse de plus en plus complexe et l'intelligence artificielle apparaît comme un bon outil pour remédier à ce problème. Cette technologie s'invite aujourd'hui dans des projets éducatifs plus simples, démocratisant par le fait même son usage. Quant aux entreprises minières, elles n'ont jamais disposé d'autant de données qu'actuellement, grâce aux équipements et aux plateformes qu'elles possèdent déjà.

Finalement, la volonté des entreprises minières de développer des stratégies de développement durable les amène à adopter de nouvelles technologies pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, notamment des technologies utilisant davantage

des sources d'énergie renouvelable. Les engins électriques miniers en constituent d'ailleurs un exemple concret. Cependant, au-delà de l'ambition d'intégrer ce type d'engins dans ses opérations minières, l'industrie est résolue à travailler pour s'approvisionner localement en minéraux critiques et stratégiques nécessaires à leur fabrication.

À la suite de l'analyse des articles répertoriés par l'infolettre *MineAvenir* publiée entre le 3 février et le 23 juin 2022, trois grandes tendances ont émergé permettant de dégager différentes pistes de recherche susceptibles d'alimenter la réflexion de l'Institut quant à l'avenir de la formation minière :

1. Observer les initiatives des établissements d'enseignement et de l'industrie minière quant à la diversification des personnes apprenantes et à l'embauche d'une main-d'œuvre diversifiée;
2. Poursuivre la documentation à propos des programmes d'enseignement qui intègrent l'intelligence artificielle à leur cursus d'apprentissage;
3. Évaluer les retombées de la collaboration soutenue entre divers partenaires tels que les gouvernements, les entreprises privées et les établissements d'enseignement.



## Références

- Alloprof (2022). *Alloprof bonifie ses services grâce à l'intelligence artificielle*. [Communiqué]. Récupéré de <https://www.alloprof.qc.ca/fr/pages/communiqué-alloprof-bonifie-ses-services-grâce-a-l-intelligence-artificielle-juste-a-temps-pour-le-retour-des-epreuves-ministerielles>
- ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c. (2022). *ArcelorMittal devient Partenaire d'exception du Grand rassemblement annuel des nouveaux diplômés innus du secondaire*. Récupéré de <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/arcelormittal-devient-partenaire-d-exception-du-grand-rassemblement-annuel-des-nouveaux-diplomes-innus-du-secondaire-892655711.html>
- Australian Renewable Energy Agency (2022). *Agnew gold mine breaks new ground with renewable energy*. Récupéré de <https://arena.gov.au/blog/agnew-gold-mine-breaks-new-ground-with-renewable-energy/>
- Bordeleau, S. (2022). Ottawa pas prêt pour la transition énergétique, dit le commissaire à l'environnement. *Radio-Canada*. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1878953/commissaire-environnement-rapports-canada-transition-energetique>
- Cabinet de la ministre déléguée à l'Économie (2022). *Électrification des transports dans l'industrie minière – Appui de 350 000 \$ à Meglab Électronique*. Gouvernement du Québec. Récupéré de <https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/electrification-des-transport-dans-lindustrie-miniére-appui-de-350-000-a-meglab-electronique-38790>
- Callaghan, R. (2022). Future-focused grads worth their weight in gold. *Financial Review*. Récupéré de <https://top-graduate-employers-2022.afr.com/future-focused-grads-worth-their-weight-in-gold/>
- Cambrian College (2022). *Cambrian College and Sofvie Inc. Partner on Mining Safety Project with support from the Government of Ontario*. Récupéré de <https://cambriancollege.ca/news/2022/04/cambrian-college-and-sofvie-inc-partner-on-mining-safety-project-with-support-from-the-government-of-ontario/>
- Canadian Malartic (2022). *Au cœur de l'évolution technologique de l'industrie minière : la mine Odyssey passe en mode virtuel pour la formation de ses opérateurs*. Récupéré de <https://canadianmalartic.com/fr/evenements/au-coeur-de-levolution-technologique-de-lindustrie-miniére-la-mine-odyssey-passe-en-mode-virtuel-pour-la-formation-de-ses-operateurs/>
- Cégep Saint-Jean-sur-Richelieu (2022). *L'expertise du Cégep en Colombie pour soutenir la réussite des femmes*. Récupéré de <https://www.cstjean.qc.ca/nouvelle/l'expertise-du-cegep-en-colombie-pour-soutenir-la-reussite-des-femmes>
- Cégep de Sept-Îles (2022). *Cégep de Sept-Îles - Des projets de recherche de pointe pour le projet ZIMER*. Récupéré de [http://www.lescegeps.com/nouvelles/1969-12-31\\_cegep\\_de\\_septiles\\_des\\_projets\\_de\\_recherche\\_de\\_pointe\\_pour\\_le\\_projet\\_zimer](http://www.lescegeps.com/nouvelles/1969-12-31_cegep_de_septiles_des_projets_de_recherche_de_pointe_pour_le_projet_zimer)
- Cégep de Thetford (2022a). *Une première pour le cégep de Thetford : classé dans le top 10 des meilleurs collèges en recherche au Canada*. Récupéré de <https://www.cegeptheftford.ca/nouvelles/une-premiere-pour-le-cegep-de-thetford-classe-dans-le-top-10-des-meilleurs-colleges-en-recherche-au-canada/?fbclid>
- Cégep de Thetford (2022b). *De l'ingéniosité à la finale locale d'Expo-sciences*. Récupéré de <https://www.cegeptheftford.ca/nouvelles/de-lingeniosite-a-la-finale-locale-dexpo-sciences/>
- Cision (2022). *Zones d'innovation Québec, au cœur du programme de développement économique du Québec*. Récupéré de <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/zones-d-innovation-quebec-au-coeur-du-programme-de-developpement-economique-du-quebec-895753778.html#:~:text=Trois%20principaux%20enjeux%20motivent%20la,la%20croissance%20propre%20et%20durable.>
- Commission de la santé et des services sociaux des Premières Nations du Québec et du Labrador (2022). *Emploi et éducation chez les Premières Nations | Résultats de recherche*. Récupéré de <https://files.cssspnql.com/s/KwcdHfrF4LaBJgO>
- École branchée (2022). *3<sup>e</sup> édition du Mois Numérique Jeunesse : Le numérique, un monde de possibilités!* [Communiqué]. Récupéré de <https://ecolebranchee.com/3e-edition-du-mois-numerique-jeunesse-le-numerique-un-monde-de-possibilites/>
- Gagné, S. (2022). L'intelligence artificielle au service de la voie ferrée. *Magazine Constat*. Récupéré de <https://magazineconstat.com/2022/05/17/lintelligence-artificielle-au-service-de-la-voie-ferree/>

Gouvernement de l'Ontario (2022). *Ontario Investing in Next Generation of Engineers in Sault Ste. Marie*. Récupéré de <https://news.ontario.ca/en/release/1002051/ontario-investing-in-next-generation-of-engineers-in-sault-ste-marie>

Guilbault, M. (2022). Virage numérique: le bon moment pour les minières. *Les Affaires*. Récupéré de <https://www.lesaffaires.com/bloques/maxime-guilbault/virage-numerique-le-bon-moment-pour-les-minieres/633273>

Guindon, M. (2022). Des élèves seront rémunérés pour suivre leur formation en mécanique industrielle. *Radio-Canada*. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1889652/cfp-harricana-penurie-preposes-beneficiaires>

Habel-Thurton, D. (2022). Un nouveau pavillon pour la recherche et l'innovation verra le jour au Cégep de Sept-Îles. *Radio-Canada*. Récupéré de [https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1884425/ferroviaire-industrie-energie-education?fbclid=IwAR3SAvt1Nt bUs1a2241K3l\\_igFouyW6\\_GBxJsKP8yknQoCUFHzzQX4c5euc](https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1884425/ferroviaire-industrie-energie-education?fbclid=IwAR3SAvt1Nt bUs1a2241K3l_igFouyW6_GBxJsKP8yknQoCUFHzzQX4c5euc)

Hinse, J-F. (2022). Une nouvelle référence pour la formation des futurs enseignants. *Neo UQTR*. Récupéré de <https://neo.uqtr.ca/2022/04/26/une-nouvelle-referance-pour-la-formation-des-futurs-enseignants/>

Hivate, A. (2022). Weaving Two Worlds': How the resource sector can build trust with Indigenous communities. *Mining.com*. Récupéré de <https://www.mining.com/weaving-two-worlds-how-the-resource-sector-can-build-trust-with-indigenous-communities/>

Inforoute FPT (2022). *Juliette Gagnon, fière travailleuse des mines*. Récupéré de <https://www.inforoutefpt.org/info-fpt/en/stories-fpt/juliette-gagnon>

Institut national de la recherche scientifique (2022). *L'intelligence artificielle : un outil pour l'exploitation minière de demain*. Récupéré de <https://www.quebec.ca/nouvelles/actualites/details/lintelligence-artificielle-un-outil-pour-lexploitation-miniere-de-demain-38988>

Institut national des mines (2016). *Pour une implantation réussie de la formation sur simulateur d'engins miniers au Québec*. Rapport d'étude. Rédigé par : Valérie Bellehumeur et Robert Marquis, Val-d'Or, 44 p. Récupéré de [https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports\\_de\\_recherche/INMQ\\_Rapport\\_Etude\\_2016\\_implantation\\_formation\\_par\\_simulateur.pdf](https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_Rapport_Etude_2016_implantation_formation_par_simulateur.pdf)

Institut national des mines. (2019). *Portrait des simulateurs d'engins miniers en formation minière*. Rédigé par : Karine Lacroix, Robert Marquis, Alexandre Nana, Nicholas Thérour, Jeffrey Vaillancourt, Val-d'Or, 36 p. Récupéré de : [https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports\\_de\\_recherche/INMQ\\_Rapport\\_simulateurs.pdf](https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_Rapport_simulateurs.pdf)

Institut national des mines (2021). *Diagnostic numérique 4.0 d'un programme d'études ou de formation*. Rédigé par : Alexandre Nana, Val-d'Or, 72 p. Récupéré de [https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports\\_de\\_recherche/INMQ\\_Diagnostic\\_numerique\\_version\\_Web.pdf](https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_Diagnostic_numerique_version_Web.pdf)

Institut national des mines (2022a). *Tendances générales en formation minière. Rapport semestriel réalisé à partir de la veille informationnelle – du 2 septembre 2021 au 27 janvier 2022*. Rédigé par : Geneviève Rouleau, Val-d'Or, 40 p. Récupéré de [https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports\\_de\\_recherche/Tendances\\_generales\\_formation\\_miniere/INMQ\\_Tendances\\_fevrier2022\\_sept2021-janv2022.pdf](https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/Tendances_generales_formation_miniere/INMQ_Tendances_fevrier2022_sept2021-janv2022.pdf)

Institut national des mines (2022b). *Engins hybrides et électriques : perspectives, analyses et besoins de formation*. Études et rapports. Gouvernement du Québec. Rédigé par Nicholas Thérour, Val-d'Or, 80 p. Récupéré de [https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports\\_de\\_recherche/INMQ\\_Rapport\\_engins\\_hybrides\\_electriques\\_mines.pdf](https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_Rapport_engins_hybrides_electriques_mines.pdf)

Institut national des mines (2019). *Les outils de simulation au service de l'apprentissage. Ressources, Mines et Industrie*. Rédigé par Karine Lacroix. Récupéré de [https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Articles/RMI\\_HSCF\\_Outils\\_simulation\\_apprentissage.pdf](https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Articles/RMI_HSCF_Outils_simulation_apprentissage.pdf)

Jung, D. (2022). Armand MacKenzie : un Innu dans le ventre d'une compagnie minière. *Radio-Canada*. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/espaces-autochtones/1860711/armand-mackenzie-tata-steel-dans-ventre-dragon-mines>

Kelly, L. (2022). New training program aspires to attract youth, women and newcomers to mining. *Timmins Today*. Récupéré de <https://www.timminstoday.com/local-news/new-training-program-aspires-to-attract-youth-women-and-newcomers-to-mining-5063553>

Leduc, D. (2022). L'éducation à l'environnement au cœur d'une nouvelle chaire de recherche à l'UQAR. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1872655/chaire-recherche-jeunes-changements-climatiques-universite-rimouski-ecoanxiete>

- Magny, A. (2022). Des élèves du primaire découvrent l'intelligence artificielle avec Kat'IA. *École branchée*. Récupéré de <https://ecolebranchee.com/des-eleves-du-primaire-decouvrent-lintelligence-artificielle-avec-katia/>
- Martin, A. (2022). La NASA étend ses recherches sur l'extraction de la glace lunaire et les minéraux pour maintenir la vie humaine sur la lune. *Corentino*. Récupéré de <https://www.corentino.fr/la-nasa-etend-ses-recherches-sur-lextraction-de-la-glace-lunaire-et-les-mineraux-pour-maintenir-la-vie-humaine-sur-la-lune/>
- Mining Technology (2022). *How Internet of Things technology reduces operational costs for mines*. Récupéré de <https://www.mining-technology.com/sponsored/how-internet-of-things-technology-reduces-operational-costs-for-mines/>
- Ministère de l'Éducation (2019). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Récupéré de [http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/ministere/Cadre-referance-competece-num.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/Cadre-referance-competece-num.pdf)
- Ministère de l'Éducation (2022). *Intelligence numérique : Plus de 10 M\$ pour amorcer un virage sans précédent en éducation*. Gouvernement du Québec. Récupéré de <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/education/napperon-education-intelligence-numerique.pdf?1647283550>
- Moore, P. (2022). SafeAI and MACA announce a partnership to retrofit autonomy to a mixed fleet of 100 mining trucks across numerous site locations. *IM-Mining*. Récupéré de <https://im-mining.com/2022/03/08/safeai-and-maca-announce-a-partnership-to-retrofit-autonomy-to-a-mixed-fleet-of-100-mining-trucks-across-numerous-site-locations/>
- Murphy, E. (2022). *IMARC speaker addresses diversity in mining*. Récupéré de <https://www.australianmining.com.au/news/imarc-speaker-addresses-diversity-in-mining/>
- Northern Ontario (2022). New mining partnership puts college students in the driver's seat. Récupéré de <https://northernontario.ctvnews.ca/new-mining-partnership-puts-college-students-in-the-driver-s-seat-1.5836795>
- Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (2022). *Une trousse à outils afin d'intégrer l'éthique de l'intelligence artificielle en enseignement supérieur*. Récupéré de <https://poleia.quebec/appel-de-propositions-conjoint-du-pia-et-du-forum-ia-quebec/>
- Polytechnique Montréal (2022). La délégation de Polytechnique Montréal remporte les jeux miniers canadiens 2022. Récupéré de [https://www.polymtl.ca/carrefour-actualite/nouvelles/la-delegation-de-polytechnique-montreal-remporte-les-jeux-miniers-canadiens-2022?fbclid=IwAR1QcHJVDEgijXjmE1kn\\_laJypKr9mC4LwWYQxEOSUp9qNafGpwQm56X2Lvs](https://www.polymtl.ca/carrefour-actualite/nouvelles/la-delegation-de-polytechnique-montreal-remporte-les-jeux-miniers-canadiens-2022?fbclid=IwAR1QcHJVDEgijXjmE1kn_laJypKr9mC4LwWYQxEOSUp9qNafGpwQm56X2Lvs)
- PwC Canada (2022). *Un nouveau virage numérique pour les minières : Comment obtenir des résultats durables de la transformation numérique*. Récupéré de <https://www.pwc.com/ca/fr/industries/mining/new-digital-agenda-for-mining-companies.html>
- Quotidien économique (2022). Génie, ou quoi ? L'ordre des ingénieurs du Québec lance une websérie pour mieux faire connaître la profession à la relève. Récupéré de <http://www.quotidienéconomique.com/actualite/quotidiens/31800-1-genie-ou-quoi-l-ordre-des-ingenieurs-du-quebec-lance-une-webserie-pour-mieux-faire-connaître-la-profession-a-la-releve.html>
- Radio-Canada (2022). *La première mine canadienne de terres rares livre ses premiers minéraux*. Récupéré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1885416/mine-terres-rares-nechalacho-premiere-nation-denee>
- Réseau collégial du Québec (2022). *Accessibilité aux études supérieures en région - 325 000 \$ annuellement pour le Cégep virtuel*. Récupéré de [http://lescegeps.com/nouvelles/1969-12-31-accessibilite\\_aux\\_etudes\\_superieures\\_en\\_region\\_\\_325\\_000\\_annuellement\\_pour\\_le\\_cegep\\_virtuel](http://lescegeps.com/nouvelles/1969-12-31-accessibilite_aux_etudes_superieures_en_region__325_000_annuellement_pour_le_cegep_virtuel)
- Rioux, M. (2021). La formation à distance aura toujours sa place. *École branchée*. Récupéré de [https://ecolebranchee.com/la-formation-a-distance-aura-toujours-sa-place/?mc\\_cid=eaffcba499&mc\\_eid=081b6660c0](https://ecolebranchee.com/la-formation-a-distance-aura-toujours-sa-place/?mc_cid=eaffcba499&mc_eid=081b6660c0)
- Rioux, M. (2022). L'intelligence artificielle comme outil de gestion et de prise de décision pour le réseau de l'éducation. *École branchée*. Récupéré de <https://ecolebranchee.com/lintelligence-artificielle-comme-outil-de-gestion-et-de-prise-de-decision-pour-le-reseau-de-leducation/>
- Scherer, S (2022). Canada to invest \$2 billion on mineral strategy for EV battery supply chain. *CP24*. Récupéré de <https://www.cp24.com/news/canada-to-invest-2-billion-on-mineral-strategy-for-ev-battery-supply-chain-1.584801>

State of play (2022). *The Electric Mine Consortium: A Case Study on Transformative Collaboration*. Récupéré de <https://www.electricmine.com/state-of-play-electrification/>

Stephenson, A (2022). Global EV demand creates once-in-a-generation opportunity for Canadian mining sector. *The Canadian Press*. Récupéré de <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/minerals-mining-metals-ottawa-nickel-electric-vehicles-1.6415887>

St-Pierre, J. (2022). Développement économique Sept-Îles partira en mission en Europe. *Ma Côte-Nord*. Récupéré de <https://macotenord.com/developpement-economique-sept-iles-partira-en-mission-en-europe/>

The Conversation (2022). *Enseignement virtuel : la technologie ne doit pas prendre le dessus sur les apprentissages*. Récupéré de <https://theconversation.com/enseignement-virtuel-la-technologie-ne-doit-pas-prendre-le-dessus-sur-les-apprentissages-174826>

Thompson, L. (2022). UQ Collaborates on a Trailblazing Sustainable Energy Project. *Azo Cleantech*. Récupéré de <https://www.azocleantech.com/news.aspx?newsID=31560>

Université Concordia (2022). *L'Université Concordia lance son Institut d'intelligence artificielle appliquée*. Récupéré de : <https://www.concordia.ca/fr/actualites/nouvelles/2022/03/18/concordia-lance-son-institut-d-ia-appliquee.html>

Université du Québec à Chicoutimi (2022). Les cégeps de la région et l'UQAC : unis pour faciliter les transitions scolaires. Récupéré de <https://www.uqac.ca/blog/2022/04/22/les-cegeps-de-la-region-et-luqac-unis-pour-faciliter-les-transitions-scolaires/>

Université du Québec à Chicoutimi (2022b). Cinq nouvelles concentrations au baccalauréat en informatique. Récupéré de <https://www.uqac.ca/blog/2022/05/03/cinq-nouvelles-concentrations-au-baccalaureat-en-informatique/>

Université du Québec à Montréal (2022). *L'UQAM parmi les meilleures universités canadiennes en recherche*. Récupéré de : <https://www.quebec.ca/reseau/fr/medias/actualites-du-reseau/luqam-parmi-les-meilleures-universites-canadiennes-en-recherche>

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (2022a). *Célébrations et travaux de recherche au Nunavik pour l'Unité de recherche, de formation et de développement en éducation en milieu autochtone (URFDEMA) de L'UQAT*. [Communiqué]. Récupéré de <https://www.uqat.ca/nouvelles-et-evenements/nouvelle/?id=2777>

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (2022b). *L'UQAM parmi les meilleures universités canadiennes en recherche*. Récupéré de <https://www.quebec.ca/reseau/fr/medias/actualites-du-reseau/luqam-parmi-les-meilleures-universites-canadiennes-en-recherche>

Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (2022c). *Un autre succès pour l'École d'été en géologie de terrain*. Récupéré de <https://www.uqat.ca/nouvelles-et-evenements/nouvelle/?id=2784>

Urpelainen, J., et C. Hebbale (2022). Net-zero innovation hubs: 3 priorities to drive America's clean energy future. *Brookings*. Récupéré de <https://www.brookings.edu/research/net-zero-innovation-hubs-3-priorities-to-drive-americas-clean-energy-future/>

Verreault, J. (2022). Enraciner le développement durable dans la formation universitaire. Université de Sherbrooke. Récupéré de [https://www.usherbrooke.ca/actualites/nouvelles/environnement/details/47808?fbclid=IwAR1LQadLDrY3KrT9LdIAFWaWGZ84ORV4-GEoIDHgFES\\_Ssq\\_UQc3PnoIDv4](https://www.usherbrooke.ca/actualites/nouvelles/environnement/details/47808?fbclid=IwAR1LQadLDrY3KrT9LdIAFWaWGZ84ORV4-GEoIDHgFES_Ssq_UQc3PnoIDv4)

Waddell, S. (2022). Yukon miner will be the first Black person to be inducted into Canadian Mining Hall of Fame. *Yukon News*. Récupéré de <https://www.yukon-news.com/life/yukon-miner-will-be-the-first-black-person-to-be-inducted-into-canadian-mining-hall-of-fame/>

125, rue Self  
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2

819 825-4667  
[www.inmq.gouv.qc.ca](http://www.inmq.gouv.qc.ca)

***Institut national  
des mines***

**Québec** 