



LES TENDANCES GÉNÉRALES EN FORMATION MINIÈRE

11 janvier → 28 juin 2018

Rapport semestriel tiré de l'infolettre MineAvenir

*Institut national
des mines*

Québec 

Analyse, rédaction et diffusion

Karine Lacroix, conseillère en communication
Institut national des mines

Supervision

Robert Marquis, président-directeur général
Institut national des mines

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

Karine Lacroix, conseillère en communication

Révision linguistique

Lyne Bisson, secrétaire générale
Institut national des mines

Graphisme

Andrew Morrow

Mise en page

Karine Lacroix, conseillère en communication
Institut national des mines

**Le présent ouvrage a été produit par
l'Institut national des mines.****Pour toute demande de renseignement :**

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

Téléphone : 819 825-4667
Télécopieur : 819 825-4660
Info@inmq.qc.ca

Dépôt légal - 2^e trimestre 2020
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
Bibliothèque et Archives Canada
ISSN 2563-1322 (imprimé)
ISSN 2563-1330 (en ligne)

© Institut national des mines,
Gouvernement du Québec (2020)

Avant-propos

Durant la dernière année, l'Institut national des mines (INMQ) a produit une nouvelle planification stratégique quinquennale pour la période 2018-2023, ayant notamment pour objectif de documenter les tendances en formation minière au Québec, au Canada et dans le monde. Au cours de cette période, deux publications sur les tendances seront produites annuellement. Cette nouvelle série de publications deviendra un outil utile à la prise de décision non seulement pour orienter la recherche effectuée à l'INMQ, mais également pour les entreprises minières et les établissements d'enseignement.

Table des matières

Introduction	1
<i>Développer une culture de la formation tout au long de la vie</i>	1
1. Tendances documentées par les activités de veille de l'Institut national des mines entre le 11 janvier et le 28 juin 2018	2
1.1. Acquisition de nouvelles compétences et démocratisation	3
1.2. Formation en milieu de travail	3
1.3. Repenser les programmes d'enseignement et la sanction des études	4
1.4. ATAWAD et les nouvelles technologies d'apprentissage	4
1.5. Établir des comptes individuels permanents facilitant le cumul des acquis de formation et l'amélioration du capital humain	5
1.6. L'évolution du rôle de l'enseignant et l'acquisition de la connaissance	6
2. Nouvelles technologies minières auxquelles pourraient se greffer de nouveaux besoins de formation	7
2.1. Se former en cybersécurité	8
2.2. Surveillance de l'environnement minier grâce à l'Internet des Objets	8
2.3. Train autonome à Pilbara en Australie	8
2.4. Pelle mécanique intelligente	9
2.5. La place des robots dans l'exploration, l'exploitation et la cartographie	9
3. Leadership numérique 4.0 et développement du capital humain pour la gestion de l'innovation minière	10
3.1. Changement de cap important	11
3.2. Collaborer avec les robots	12

3.3. La technologie au service du recrutement de personnel pour combler les besoins de main-d'oeuvre	12
3.4. Une relève à assurer	12
4. Pistes d'action susceptibles d'orienter les prochaines activités de veille de l'Institut national des mines	14
5. Remarque finale	16
Tableaux des thèmes diffusés et nombre d'articles de l'infolettre <i>MineAvenir</i> – Janvier à juin 2018	18
Liste de références aux articles publiés dans <i>MineAvenir</i> entre janvier et juin 2018	23

Introduction

Dans le contexte de la révolution industrielle 4.0, les enjeux liés au marché du travail, en particulier ceux associés à l'automatisation, à l'intelligence artificielle, à la robotisation, aux données massives et à l'Internet des objets, sont internationaux. Un récent sondage du Mining Journal réalisé auprès d'une quarantaine d'entreprises minières mondiales démontre que les connaissances numériques des employés sont déterminantes pour assurer le succès de la transformation technologique des entreprises. Une lacune de connaissances peut même parfois perturber ou même compromettre cette transformation.

Dans cette publication, l'INMQ documente la part du développement de nouvelles connaissances des travailleuses et des travailleurs qui revient aux établissements d'enseignement du Québec et celles qui relèvent du rôle des entreprises. Déjà, certains employeurs proposent d'adapter les programmes de formation actuels en y ajoutant l'acquisition de connaissances supplémentaires spécifiques au domaine numérique.

Pour mieux comprendre le contexte dans lequel est plongée l'industrie minière au Québec ainsi que les attentes de cette industrie vis-à-vis les établissements d'enseignement, l'INMQ fait état dans ce document des grandes tendances de la formation minière en lien avec le déploiement des technologies 4.0 dans le secteur minier. Il a été conçu à partir de la veille informationnelle de l'INMQ, pour la période allant de janvier à juin 2018. Les références citées ont déjà fait l'objet d'une publication dans l'infolettre hebdomadaire MineAvenir.

Développer une culture de la formation tout au long de la vie

Développer une culture de la formation continue et personnalisée tout au long de la vie représente la principale piste d'action à emprunter pour devancer plutôt que suivre les tendances technologiques. Depuis janvier 2018, les travaux de veille de l'INMQ mettent l'accent sur l'amélioration du capital humain en considérant différentes pistes décrites dans les pages suivantes.

1

Tendances documentées par
les activités de veille de l'Institut
national des mines entre le 11 janvier
et le 28 juin 2018

1.1. Acquisition de nouvelles compétences et démocratisation

L'actualisation des compétences est non seulement la responsabilité des employeurs, mais également celle de chaque individu. M. Denis Bismuth (2018), psychopédagogue et directeur du cabinet Métavision, a répertorié des caractéristiques communes aux organisations offrant de la formation innovante. Il soutient que désormais l'apprenant produit son propre savoir afin d'augmenter ses connaissances, notamment en faisant appel à l'intelligence collective et aux ressources techniques disponibles dans son environnement. L'apprenant devient de plus en plus le principal responsable de son parcours de formation et de son avenir. Bismuth (2018) insiste sur l'importance pour l'être humain de se réinventer professionnellement en permanence pour éviter l'obsolescence professionnelle.

L'acquisition de nouvelles compétences transversales et numériques en lien avec l'automatisation, la cybersécurité, la virtualisation et la programmation avancée est également une finalité prioritaire de plusieurs gouvernements dans le monde notamment le gouvernement du Québec.

À cet égard, le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI, 2018) cite un rapport de recherche de RBC (2018, p. 1). Ce rapport mentionne que « le système d'éducation, les programmes de formation et les initiatives sur le marché du travail ne sont pas bien conçus pour aider les jeunes à réussir dans la nouvelle économie fondée sur les aptitudes ». Revoir les façons de faire afin de mieux maîtriser les nouvelles compétences numériques nécessaires à l'utilisation des technologies 4.0 semble donc inévitable.

L'Académie des transformations numériques (ATN) de l'Université Laval prépare une offre de formation qui aura pour objectif de répondre aux nouveaux besoins d'acquisition des connaissances et de développement des compétences induites par le numérique. L'offre d'apprentissage sera également accessible à distance. Elle comprendra notamment

un catalogue de formations connecté au réseau de l'enseignement supérieur. Elle intègrera aussi des formations interordres, en plus d'offrir de la formation sur mesure permettant aux organisations et aux individus de bâtir eux-mêmes leur parcours de perfectionnement. L'offre d'apprentissage de l'ATN comprendra également des formations pouvant être données par l'employeur.

Les compétences numériques décrites dans la plus récente publication de l'Institut national des mines sont le résultat de l'impact de la transformation numérique qui découle de la révolution industrielle en cours. Ce changement de cap majeur exigera des travailleuses et des travailleurs le développement de nouvelles compétences complémentaires à celles qu'ils maîtrisent déjà et qui seront de plus en plus valorisées par les entreprises évoluant dans ce contexte en mouvance. L'acquisition de nouvelles compétences et la démocratisation du processus de formation seront grandement favorisées par l'augmentation de l'importance accordée à la formation dans les milieux de travail.

Au cours des prochains mois, l'INMQ diffusera un premier portrait des compétences numériques actuelles de la main-d'œuvre minière.

1.2. Formation en milieu de travail

L'accès à la formation favorise l'employabilité. Pour parvenir à acquérir les nouvelles compétences nécessaires à la révolution 4.0, l'apprentissage devient un processus continu tout au long de la vie. De plus, le savoir s'acquiert désormais autant en milieu de travail que dans un lieu d'apprentissage conventionnel. Détenir un premier diplôme d'entrée sur le marché du travail ne suffit plus pour poursuivre sa voie professionnelle jusqu'à la retraite. Désormais, il est essentiel de faire évoluer son portfolio de formations tout au long de sa carrière pour s'assurer de détenir au moment opportun les compétences nécessaires à la réalisation des tâches nouvelles

qu'engendre le déploiement des technologies numériques.

Toutefois, il y a encore des efforts à consentir. Selon une étude de Accenture Strategy, la place de la formation et le développement des compétences 4.0 ne semblent pas être des priorités pour la plupart des employeurs dans le monde. Actuellement, seulement 3 % des employeurs ont l'intention d'offrir des programmes de formation à leurs employés et employées. Cependant, les entreprises novatrices font déjà le pari que la formation permettra de mieux utiliser les technologies de la révolution 4.0. Ces entreprises, petites et grandes, travaillent en partenariat pour offrir de la formation à leur main-d'œuvre afin d'atteindre le niveau de compétences exigé par l'industrie. Certaines proposent de couvrir les frais d'études des futurs diplômés en échange d'un engagement à travailler quelques années pour l'entreprise ou d'inciter la main-d'œuvre actuelle à se former pour favoriser leur avancement professionnel et accéder à des postes de gestion.

En Colombie-Britannique, l'entreprise minière Teck Resources a offert à ses 300 employés de réaliser une formation supérieure en gestion des affaires afin d'occuper les postes de leader et de décideur qui seront nécessaires afin de gérer les changements organisationnels qu'entraîne le déploiement des technologies numériques. L'ingénieur Cory Takenaka de Teck Resources est à même de constater que cette formation a contribué à l'augmentation du leadership de sa main-d'œuvre et, ainsi, à accroître de 15 % l'efficacité de sa flotte de camions.

En Australie en janvier 2018, la compagnie Rio Tinto a annoncé un investissement de 2 M\$ dans une initiative de formation professionnelle afin de répondre aux défis du déploiement graduel de la mine du futur. Les nouveaux programmes proposés au personnel sont conçus pour mettre à jour leurs compétences dans des domaines émergents comme la robotique, l'analyse en continu de grands volumes de données techniques et les technologies de l'information.

En Australie, un autre élément important offre un contraste marquant avec la situation qui

prévaut actuellement au Québec. L'évaluation des compétences se fait en entreprise par des instructeurs accrédités pour la formation initiale. De plus, la frontière entre les lieux de travail et d'enseignement a tendance à s'effacer lorsqu'il est question de formation continue tout au long de la vie.

1.3. Repenser les programmes d'enseignement et la sanction des études

Les programmes d'enseignement professionnels, collégiaux et universitaires dans le monde et au Québec auraient intérêt à être repensés et mis à jour sur une base plus fréquente ou en mode continu. À cet égard, l'INMQ consacre beaucoup d'énergie, depuis sa création en 2010, à faire évoluer les programmes de formation professionnelle spécifiques au secteur des mines.

Dans un rapport soumis en 2018, la Chambre de commerce du Canada recommande que le gouvernement de chaque province, ayant la juridiction sur l'éducation, mette l'accent sur la relève actuellement assise sur les bancs d'école pour effectuer des changements dans les programmes de formation notamment en se basant sur les habiletés et les compétences. Une révision diligente des programmes pourrait permettre que la durée, la fréquence, l'accessibilité et même la sanction des études favorisent ultimement l'accès à une variété de cours offerts par l'un des établissements d'enseignement du Québec ou par une entreprise en fonction des disponibilités de l'apprenant.

1.4. ATAWAD et les nouvelles technologies d'apprentissage

Le terme ATAWAD¹ a été initialement utilisé pour le marketing des entreprises. Il pourrait également convenir pour populariser la nouvelle stratégie à adopter lors du déploiement d'une offre de formation

accessible tout au long de la vie. En ce sens, le Québec devra toutefois consentir davantage d'efforts s'il veut arriver à offrir des cours qui permettront à tous, où qu'ils soient, de parfaire leur formation initiale à n'importe quel moment et sur n'importe quel support, afin de suivre le rythme effréné du déploiement de nouvelles technologies numériques.

Un article du journaliste Musil (2018) développe cette idée. Dans son article, le journaliste mentionne que le PDG de Google, Sundar Pichai, croit que l'éducation et la formation doivent être repensées afin de rendre l'apprentissage constant, flexible et simple tout au long de la vie.

De plus en plus d'outils dérivés de la technologie 4.0 entrent désormais dans les classes et dans le secteur minier. Pour l'équipe de chercheurs dirigée par le professeur en didactique Marc-André Éthier de la faculté des sciences de l'éducation à l'Université de Montréal, le jeu vidéo peut avoir une utilité pédagogique. C'est d'ailleurs ce que propose l'entreprise Queensland The Fleet Office en Australie qui forme son personnel grâce à la réalité augmentée. Cette technologie est également utilisée en milieu de travail, car elle fournit en temps réel des données techniques de l'équipement minier sur le terrain, ce qui permet une optimisation de sa performance et de sa disponibilité. À titre d'exemple, cette technologie permet de recueillir de l'information sur l'utilisation et l'efficacité d'un équipement de même que sur le moment à privilégier pour son entretien simplement en pointant un téléphone mobile vers cet équipement.

1.5. Établir des comptes individuels permanents facilitant le cumul des acquis de formation et l'amélioration du capital humain

Selon l'Institut du Québec (2018), établir un compte personnalisé pour chaque citoyen du Québec, comme le fait déjà l'Australie et [Singapour](#), serait très

efficace pour encourager la formation tout au long de la vie. Ce modèle permettrait à chaque citoyen de choisir les cours dont il a besoin pour acquérir de nouvelles compétences. Ces compétences seraient par la suite reconnues par le gouvernement et donneraient accès à un crédit d'impôt spécifique à la formation.

C'est la formation tout au long de la vie qui permettra aux travailleuses et aux travailleurs de s'assurer d'évoluer au rythme des technologies pour conserver leur emploi ou même obtenir un avancement professionnel. Quant aux employeurs, ils sont fortement encouragés à favoriser l'octroi de temps sur les heures de travail pour que leur main-d'œuvre puisse se perfectionner.

Cette vision promue par l'INMQ est également un message fort du rapport *How to Reform Worker-Training and Adjustment Policies for an Era of Technological Change*. Basée à Washington, l'organisation Information Technology and Innovation Foundation (2018) recommande un investissement financier dans un compte personnalisé présentant des programmes de formation à réaliser. Cette fondation incite le gouvernement fédéral américain à utiliser adéquatement les sommes réservées tout en encourageant le secteur privé à mettre en place des initiatives pour perfectionner leurs employés. Il s'agit en somme de repenser l'éducation et la formation afin de simplifier l'accès à l'apprentissage tout au long de la vie.

Comprendre la révolution industrielle 4.0 permet d'anticiper les changements organisationnels et les impacts sur la gestion des talents. Faire face aux enjeux d'anticipation et de prospective est plus efficace lorsqu'on dispose d'un référentiel de compétences flexible et évolutif et de passerelles souples entre les ordres d'enseignement.

L'INMQ estime également que les enseignants, les conseillers en orientation et les technos pédagogues des établissements d'enseignement public sont des partenaires stratégiques actuellement sous-utilisés par les entreprises minières. Par ailleurs, les établissements d'enseignement publics pourraient

consacrer davantage d'effort pour déployer une offre plus complète de formation facilement accessible à distance et dans des délais plus courts qu'actuellement.

1.6. L'évolution du rôle de l'enseignant et l'acquisition de la connaissance

Le rôle du formateur évolue également. Dans le contexte de la révolution 4.0, il devient l'expert en questionnement plutôt que celui du contenu. « Centré sur le processus (comment) plutôt que sur le produit (résultat), son rôle est désormais de promouvoir les méthodes d'apprentissage individualisées plutôt que de donner du savoir déjà constitué. Au-delà de son rôle d'évaluation et de contrôle, il est chargé d'aider l'apprenant à développer ses capacités d'auto-contrôle (sic) », explique le psychopédagogue Denis Bismuth (2018, p. 3).

Dans le même article, Bismuth (2018) mentionne également qu'à l'ère de l'industrie 4.0 la performance d'une organisation n'est plus générée par le savoir et les connaissances, mais plutôt par ses capacités d'attention et d'adaptation. L'une des façons de parvenir à opérer cette transformation consiste à créer un nouveau contexte de travail permettant aux apprenants de construire eux-mêmes leurs compétences et ainsi, développer leur propre capacité à apprendre tout au long de la vie.

¹ Traduction libre de l'acronyme ATAWAD signifiant *any time, anywhere, any device*.

2

**Nouvelles technologies minières
auxquelles pourraient se greffer de
nouveaux besoins de formation**

Identifier les tendances en formation minière requiert de bien cerner les technologies en implantation par les plus grandes entreprises minières mondiales. Elles sont de plus en plus nombreuses à utiliser une variété de technologies dérivées de la révolution 4.0 et nécessitant d'acquérir de nouvelles connaissances et compétences grâce à la formation initiale et continue. Au cours de six premiers mois de 2018, la veille informationnelle de l'INMQ s'est attardé à cinq nouveautés technologiques implantées dans les secteurs minier et industriel qui méritent une attention particulière.

2.1. Se former en cybersécurité

Selon une étude récente de *Scalar Decisions Inc.* réalisée auprès de plus de 420 travailleurs canadiens du secteur de la sécurité et des TI, les entreprises canadiennes sont régulièrement la cible d'attaques qui compromettent la cybersécurité de leurs opérations. L'année dernière, neuf entreprises canadiennes sur 10 ont subi au moins une atteinte à la cybersécurité. Selon Glyn Thoms, directeur d'une entreprise de technologies de l'information, 75 % des entreprises canadiennes souhaitent, d'ici trois ans, réaliser un programme de formation pour leurs employés en lien avec la cybersécurité. De plus, les résultats de l'étude intitulée « L'état de préparation en matière de cybersécurité des organisations canadiennes », commandée par *Scalar* et menée de manière indépendante par *International Data Corporation* (IDC Canada), démontrent que peu d'employés reçoivent actuellement de la formation permettant d'identifier différents types d'attaques tels que l'hameçonnage et les escroqueries. Pourtant, les entreprises canadiennes font l'objet d'attaques plus ou moins graves, plus de 450 fois par année. Le secteur minier n'y échappe pas. C'est pourquoi la cybersécurité est devenue un enjeu technologique de première importance qui requiert le recours à une expertise nouvelle et à une offre de formation élargie.

L'automatisation, le contrôle des opérations à distance et l'adoption de services infonuagiques pour le stockage de données transforment également les

modèles opérationnels des entreprises minières. Le rapport publié par Willis Tower Watson, « [From technology to people: The new frontier in mining cyber risk](#) », démontre l'importance pour les sites miniers connectés et leurs chaînes logistiques de mettre en place des programmes de surveillance pour garantir la sécurité de leurs installations.

2.2. Surveillance de l'environnement minier grâce à l'Internet des Objets

À ce jour, dans le secteur minier l'Internet des objets (IoT) sert surtout pour réaliser un suivi de l'environnement, pour la protection des employés et, plus globalement, pour améliorer la rentabilité de l'entreprise. L'Iot est notamment utilisé pour réaliser la surveillance environnementale des propriétés minières, supportant ainsi les entreprises dans l'application des lois et des politiques sur l'environnement et la responsabilité sociale. Il s'agit donc d'une valeur ajoutée importante pour les entreprises qui peuvent désormais surveiller avec précision leurs actifs et réagir rapidement lors de problèmes potentiels. Dans l'un de ses articles, le *Mining Technology* fait état d'un rapport d'*Inmarsat Enterprise* qui révélait que plus de 50 % des personnes interrogées espéraient entre autres que l'IoT puisse contribuer à l'amélioration de l'hygiène, de la sécurité et de l'environnement du personnel minier.

2.3. Train autonome à Pilbara en Australie

Selon l'article d'Hosie (2018) publié dans le *Australian Mining*, l'entreprise minière Rio Tinto a été accréditée en mai 2018 par l'*Australia's Office of the National Rail Safety Regulator*. L'entreprise minière a réussi les tests exigés pour obtenir l'autorisation d'utiliser des trains autonomes pour le transport de son minerai de fer extrait de la région minière du Pilbara. Au moment de la parution de l'article, les trains autonomes de Rio Tinto avaient parcouru 100

km, sous la supervision d'un conducteur présent uniquement pour assurer un suivi serré pendant la phase d'accréditation. Tributaire d'un immense réseau ferroviaire pour ses activités minières en Australie occidentale, Rio Tinto pourra maintenant réaliser le transport automatisé du minerai de fer extrait de 16 mines différentes. Ce transport par rail sur plus de 1 700 km mènera le minerai de fer extrait du Pilbara à quatre terminaux portuaires distincts, et ce, sans conducteur. Cette innovation pourrait éventuellement être implantée également au Québec. Nous n'en sommes pas encore là. Cependant, sur la Côte-Nord, des simulateurs de conduite de trains miniers sont déjà utilisés depuis quelques années comme outil d'apprentissage et de perfectionnement continu.

2.4. Pelle mécanique intelligente

En plus de lancer un projet pilote de camions autonomes dans ses opérations à Highland Valley Copper en Colombie-Britannique, l'entreprise minière *Teck Resource* innove en utilisant sur son chantier une pelle mécanique permettant d'analyser le matériel manipulé, que ce soit du minerai ou de la roche stérile, a rapporté le *CIM Magazine* (2018). Les capteurs développés par *MineSense*, utilisent des rayons X pour analyser le contenu de la pelle intelligente. De plus, l'entreprise a commencé à utiliser un logiciel d'apprentissage automatique pour introduire la maintenance prédictive de son parc de camions. Ces innovations font évoluer rapidement le travail des employés, ce qui exige l'acquisition constante de nouvelles compétences.

2.5. La place des robots dans l'exploration, l'exploitation et la cartographie

Les robots peuvent effectuer des tâches exigeantes physiquement dans des environnements difficiles sans se fatiguer. Ils n'ont pas besoin de pauses comme les humains, ce qui génère une économie

à l'entreprise qui les utilise. Tous les robots ne sont pas fixes. *L'Autonomous Robots Lab* a effectué des tests avec des robots aériens autonomes dans des mines souterraines. Le déploiement de deux robots a permis de réaliser l'exploration et la cartographie détaillée de galeries souterraines. Le premier robot a utilisé la fusion de données provenant de caméras thermiques pour réaliser son travail tandis que le second robot a utilisé un système de capteurs comme mode de détection principal. Cette utilisation nouvelle de robots aériens en contexte minier souterrain démontre encore une fois l'importance de recourir à la formation afin de s'assurer que les employés qui verront leurs tâches se modifier considérablement à la suite de l'introduction de robots sur les lieux de travail pourront toujours apporter une valeur ajoutée aux tâches désormais effectuées par un robot, partenaire de travail.

En conclusion, les changements que suscitent la révolution technologique 4.0 ont un impact à la fois sur les entreprises minières et sur les établissements d'enseignement chargés de transmettre le savoir. Le savoir est au cœur de la révolution 4.0, car il permet l'acquisition de nouvelles compétences pour le personnel du secteur minier ce qui est essentiel pour augmenter la productivité, la compétitivité et l'efficacité des entreprises.

3

**Leadership numérique 4.0 et
développement du capital humain
pour la gestion de l'innovation
minière**

Information plus précise en temps réel sur la localisation de l'équipement et du personnel, meilleure prise de décision, productivité augmentée, sécurité accrue des employés, planification plus efficace, maintenance prédictive, réduction de coûts ne sont que quelques avantages de la technologie 4.0.

En adoptant de nouvelles technologies, il deviendra possible d'ouvrir des mines dans des endroits jusqu'ici inaccessibles et d'augmenter la productivité et l'efficacité des mines déjà en production. Pour aider les entreprises à réussir leur transformation numérique, EMC2 (2018, p. 2) propose trois grandes idées regroupées dans la citation suivante : « [...] l'Humain doit être à la fois créateur de valeur, architecte de la transformation et accélérateur de l'innovation ». Réussir le passage vers la technologie 4.0 implique donc un leadership numérique fort de la part des gestionnaires. En effet, les décisions managériales jouent un rôle absolu dans la transformation numérique, car elles ont une influence certaine sur la motivation et l'engagement des employés, deux éléments essentiels à l'atteinte des objectifs d'innovation escomptés. Au Québec, à ce jour, assumer un leadership numérique fort implique un changement organisationnel important pour la plupart des entreprises du secteur minier.

L'importance du développement du capital humain passe évidemment par les gestionnaires en ressources humaines qui doivent désormais bien comprendre les implications de formation continue associées à la révolution 4.0 tout en anticipant le changement organisationnel et la gestion des talents engendrés par ce nouveau contexte. Actuellement, les ressources humaines font face à des enjeux d'anticipation et de prospective qui sont susceptibles d'influencer leur stratégie d'accompagnement de la transformation numérique. C'est d'ailleurs ce que soutient, Antoine Pennaforte, docteur et maître de conférences en Gestion des Ressources humaines au Conservatoire national des arts et métiers. Selon Pennaforte (2018, p. 2), « Brosser les contours d'un métier, construire un référentiel de compétences flexible et évolutif, produire des passerelles, des parcours de carrières, mettre en œuvre des formations, créer des processus

d'évaluation [...]», ne sont que quelques éléments à considérer dans ce changement organisationnel. Par ailleurs, les entreprises sélectionneront davantage des candidates et des candidats en fonction des comportements privilégiés dans leur organisation. Lors du recrutement, cet aspect pourrait même prendre plus de considérations que les compétences techniques. Selon Bismuth (2018, p. 6), « [...] les entreprises recherche[ro]nt [également] des exécutants capables de s'engager, d'innover pour s'adapter à l'incertitude et la versatilité du travail et la transformation des savoirs et des compétences ».

3.1. Changement de cap important

Les jeunes actuellement sur les bancs d'école acquièrent de nouvelles compétences en mathématique, en algorithme et en programmation. Pendant ce temps, certaines travailleuses et certains travailleurs vivent de profonds changements organisationnels sur leurs lieux de travail.

Pour éviter que l'évolution technologique en cours ne résulte en l'obsolescence de leurs compétences, les directions des ressources humaines des entreprises qui vivent déjà le virage technologique 4.0 doivent favoriser la formation continue, garante de l'adaptation au changement et de l'employabilité à moyen terme de la main-d'œuvre actuelle. Ainsi, les employés pourront occuper les nouveaux postes qui apparaissent au sein des organisations ou conserver leur emploi malgré les changements de tâches associés aux transformations numériques. Il est donc inévitable que les entreprises mettent rapidement en place des programmes de formation continue qui reflètent bien les changements en cours. Pour y parvenir, Pennaforte (2018) suggère de prendre un instant de réflexion concernant les pratiques de formation, notamment la formation mobile et à distance intégrant la pédagogie mixte.

3.2. Collaborer avec les robots

L'automatisation transforme déjà le monde du travail et de nouvelles technologies apparaissent chaque jour. Pour maintenir le rythme d'innovation actuel, la main-d'œuvre devra s'adapter en mode continu, notamment afin d'apprendre à travailler en collaboration avec les robots. Selon *Industrial Technology* (2018), les travailleuses et les travailleurs partageront de plus en plus de tâches de proximité avec des robots. Mitsubishi Electric et ses robots MELFA est un exemple à surveiller. Comparativement à d'autres gammes de robots déployés dans cette entreprise, les robots collaborateurs MELFA ont une vitesse réduite couplée à une plus grande précision dans les mouvements. Ce type de robot favorise les interactions complexes avec le personnel.

3.3. La technologie au service du recrutement de personnel pour combler les besoins de main-d'oeuvre

Sanjiv (2018) fait ressortir un avantage de l'intelligence artificielle utile pour aider à combler les besoins de main-d'œuvre. L'intelligence artificielle permet de créer d'énormes banques de candidatures et de les associer rapidement aux offres d'emploi demandant des compétences spécifiques. Cette utilisation de l'intelligence artificielle pourrait être utilisée pour contrer la pénurie de main-d'œuvre au Québec dans plusieurs secteurs, notamment le secteur minier et celui des sciences et de la technologie.

Le président d'*Evolution Mining*, Jacke Kley, en Australie, soutient que les carrières offertes par l'industrie minière doivent devenir aussi attrayantes que celles associées à l'industrie des hautes technologies. Pour attirer et retenir de nouvelles générations de travailleurs, l'auteur suggère, entre autres, d'informer les jeunes au sujet des innovations récentes qui transforment le secteur minier, comme l'utilisation de drones, de lasers

et de radars qui constituent de nouveaux outils susceptibles d'améliorer l'image de l'industrie minière.

Une autre perspective à explorer pour attirer les meilleures ressources humaines disponibles et compétentes indispensables pour le secteur minier québécois consiste à faire une place toute particulière aux nouveaux arrivants. La Chambre de commerce du Canada reprend cette idée dans son rapport sur l'impact de l'automatisation sur la main-d'œuvre, les compétences et la formation pour évoluer dans un monde numérique. La Chambre propose notamment d'offrir aux immigrants la possibilité d'obtenir à la fois un permis de travail et un permis d'études, ce qui faciliterait leur intégration au marché du travail dans leur domaine de compétence. Cette proposition vise notamment la reconnaissance de compétences transférables d'un secteur économique à un autre à la suite d'une évaluation faite dans le cadre d'un programme de reconnaissance des acquis et des compétences (RAC). Dans le contexte actuel de pénurie, l'INMQ documente l'importance accordée à la RAC par les entreprises minières afin de répondre à leurs besoins de main-d'œuvre.

3.4. Une relève à assurer

Devant les exigences d'un monde de plus en plus dépendant des technologies numériques, les initiatives se multiplient pour susciter l'intérêt des jeunes dès le primaire vers une formation en sciences, en technologies, en ingénierie et en mathématiques (STIM). Des entreprises telles Rio Tinto, Ubisof, Pratt & Whitney et certains établissements d'enseignement comme Polytechnique Montréal, offrent désormais des concours, des défis, des trousseaux pédagogiques et toutes sortes d'initiatives pour attirer les jeunes d'âge scolaire vers le domaine des sciences, des technologies, de la programmation et de l'ingénierie. Pour assurer une relève, la sensibilisation au domaine des sciences se fait maintenant dès le primaire.

Certaines entreprises minières s'impliquent à fond dans la promotion des métiers et des professions du secteur minier. À titre d'exemple, Rio Tinto injecte des sommes pour encourager les jeunes

à développer leur maîtrise des compétences reliées au monde numérique. Au Canada et au Québec, plusieurs initiatives en formation et en éducation sont déployées par les entreprises minières, avec le soutien des établissements d'enseignement et celui de certaines communautés isolées afin de répondre à la problématique de la relève.

Les spécialistes des établissements d'enseignement public ont une connaissance fine des compétences et des moyens à disposition pour favoriser la transmission des savoirs. Les technos pédagogues et enseignants des établissements d'enseignement du Québec contribuent déjà à assurer le succès du secteur minier. De plus, les conseillères et conseillers d'orientation, spécialistes de la relation entre l'individu, le travail et la formation peuvent être d'une aide pertinente afin d'améliorer la vie au travail de l'individu, réorienter si nécessaire le chemin professionnel et surtout, accroître l'employabilité. L'INMQ fait le pari que renforcer la collaboration existante entre les acteurs du milieu scolaire et les entreprises minières permettra la mise à niveau en continu d'une offre de formation minière de qualité qui répond aux besoins exprimés par l'industrie 4.0.

4

**Pistes d'action susceptibles
d'orienter les prochaines activités de
veille de l'Institut national des mines**

Développer une culture de la formation continue et personnalisée tout au long de la vie représente la principale piste d'action à emprunter pour devancer plutôt que suivre les tendances technologiques. Au cours des prochains mois, l'INMQ diffusera d'ailleurs un premier portrait des compétences numériques actuelles de la main-d'œuvre minière du Québec.

La frontière entre les lieux de travail et d'enseignement a tendance à s'effacer lorsqu'il est question de formation continue tout au long de la vie. Offrir des cours qui permettront à tous, où qu'ils soient, de parfaire leur formation initiale à n'importe quel moment et sur n'importe quel support, afin de suivre le rythme effréné du déploiement de nouvelles technologies numériques représente une autre piste que l'INMQ compte suivre au cours des prochains mois. Promouvoir l'établissement d'un compte personnalisé pour chaque citoyen du Québec pour encourager la formation tout au long de la vie s'inscrit également dans cette tendance.

L'automatisation, le contrôle des opérations à distance et l'adoption de services infonuagiques pour le stockage de données transforment les modèles opérationnels des entreprises minières. De plus en plus, les sites miniers connectés et leurs chaînes logistiques devront mettre en place des programmes de surveillance pour garantir la cybersécurité de leurs installations. L'INMQ continuera de documenter ces questions.

Réussir le passage vers la technologie 4.0 implique surtout un leadership fort de la part des gestionnaires, car les décisions managériales jouent un rôle absolu dans la transformation numérique. Elles ont une influence déterminante sur la motivation et l'engagement des employés, deux éléments essentiels à l'atteinte des objectifs. En conclusion, cela implique aussi un changement organisationnel important que l'INMQ contribue à documenter.

Comprendre la révolution industrielle 4.0 permet d'anticiper les changements organisationnels et les impacts sur la gestion des talents. Est-ce que dans le contexte actuel de pénurie, les entreprises accorderont une importance plus

grande à la RAC? Afin de faire face aux enjeux d'anticipation et de prospective, est-il nécessaire de disposer d'un référentiel de compétences flexible et évolutif? Les passerelles existantes entre les ordres d'enseignement sont-elles optimales? L'INMQ estime que les enseignants, les conseillers en orientation et les technos pédagogiques des établissements d'enseignement public sont des partenaires stratégiques capables de répondre à ces questions et actuellement sous-utilisés par les entreprises minières.

En résumé, cinq pistes d'action ciblées par la veille :

1. Les actions permettant le développement d'une culture de la formation continue et personnalisée tout au long de la vie;
2. Des cours qui permettront à tous, où qu'ils soient, de parfaire leur formation initiale à n'importe quel moment et sur n'importe quel support;
3. La mise en place de programmes de surveillance dans les entreprises minières pour garantir la cybersécurité de leurs installations;
4. L'évolution des changements organisationnels en gestion des ressources humaines;
5. La capacité des organismes et des entreprises à anticiper les changements organisationnels nécessaires et leurs impacts sur la gestion des talents, dans un contexte de pénurie de main-d'œuvre.

5

Remarque finale

Remarque finale

Les entreprises du secteur minier et les établissements d'enseignement sont invités à proposer des sujets de veille à l'INMQ. Ainsi, l'infolettre MineAvenir pourra mieux répondre à leurs besoins d'information sur la formation minière actuelle et sur les tendances novatrices dans le secteur minier susceptibles d'avoir un impact sur la formation minière.

Tableaux des thèmes diffusés et nombre d'articles de l'infolettre *MineAvenir* - Janvier à Juin 2018

Technologie 4.0 / Organisation 4.0 *Thèmes majoritairement en lien avec le secteur minier	Nombre d'articles abordant ce sujet
Automatisation	24
Intelligence artificielle	17
Robots / robotique	14
Données massives (big data)	11
Réalité virtuelle et augmentée	9
Internet des objets	8
Camions et trains autonomes	8
Culture organisationnelle (liée aux changements technologiques)/ culture de l'innovation/risque de l'innovation/stratégie d'innovation dans leur organisation/créativité pour trouver des solutions aux besoins 4.0	8
Drones	6
Contrôle et supervision à distance (excavatrice souterraine)	6
Véhicules électriques/mines électriques	6
Capteurs (tri du minerai, collecte de données, etc.)	6
Énergie verte/écoénergétique/environnement minier/empreinte environnemental	5

Cyberattaque/cybersécurité	4
Connectivité (satellites, réseaux de fibre optique)	4
Appareil mobile	4
Leadership 4.0, leadership numérique (qualité à développer pour devenir leader et décideur)	4
Intégration et analyse des données en temps réel	2
Analyse et maintenance prédictive	2
Diffraction rayons X	1
Interconnectivité des systèmes	1
Apprentissage profond	1
Date visualisation (l'art de représenter l'information reçue)	1
Traitement en nuage et informatique de pointe	1
Laser	1
Logiciels (géomatique, concepteur d'opération, intégration)	1
Radar	1
Vêtements intelligents	1
Géolocalisation	1
Transformation numérique	1

Tendances générales en formation/formation minière

Nombre
d'articles
abondant
ce sujet

Qui ?	→ Apprenant au centre de son apprentissage	7
Quoi ?	→ Acquisition de nouvelles compétences/démocratisation des compétences Compétences transversales, compétences numériques, cybersécurité, virtualisation, programmation avancée, vision, simulation collaborative de robotique, réalité augmentée	29
	→ Apprentissage n'importe quand, n'importe où et avec n'importe quel support (ATAWAD) et AC (any content)	11
	→ Culture de la formation continue tout au long de la vie	10
	→ Personnalisation de la formation et de son projet de formation (compte individuel permanent pour chaque travailleur)	8
	→ Écosystème efficace (favoriser le partenariat entre les établissements d'enseignement et aussi les entreprises, offre de formation adaptée aux régions, service aux entreprises plus efficace)	6
	→ Banque de temps cumulé par l'employé pour la formation	2
	→ Formateur devenu un expert de questionnement et non un enseignant expert de contenu/collaborateur	2
	Comment ?	→ Favoriser la formation en milieu de travail/le lieu de travail devenu un lieu d'apprentissage/évaluation en entreprise
→ Repenser les programmes de formation en proposant des formations plus courtes, à distance, plus fréquente, à temps partiel		10
→ Apprentissage en alternance en ligne et en présentiel/jeu vidéo et présentiel		5
→ Place à l'intelligence collective/apprenant développe ses capacités d'apprentissage et ses propres compétences		5

Tendances générales en formation/formation minière

Nombre
d'articles
abordant
ce sujet

Comment ?	→ Immersion dans la réalité virtuelle, augmentée ou 360	4
	→ Formation adaptée à l'expérience de l'apprenant/savoir et expérience qui comptent	4
	→ Simulation/simulateur d'entraînement	3
	→ Intelligence artificielle comme outil de travail	2
	→ Apprendre par le jeu vidéo/avatar multijoueur interactif	2
	→ Relation avec les machines	2
	→ Travail collaboratif	2
	→ Investir financièrement en formation pour répondre aux besoins 4.0	2
	→ Investir financièrement dans de nouveaux types d'établissements d'enseignement (collèges techniques, Ecampus Québec)	2
	→ Ressentir des émotions lors de l'apprentissage	1
	→ Formation donnée en plusieurs langues	1
	→ Déploiement de petites cohortes	1
	→ Programme de formation inspirée du modèle DUAL	1
	→ Programme d'entraînement par induction	1
	→ Être créatif pour trouver de nouvelles solutions innovantes à la formation	1

Tendances générales en formation/formation minière

Nombre
d'articles
abordant
ce sujet

Pourquoi ?	→ Retour sur l'investissement	1
	→ Polyvalence de l'employé(e)	1
	→ Meilleure transition de la théorie à la pratique	2
	→ Contexte d'apprentissage optimisé pour l'apprenant (sans danger)	4
	→ Augmentation de la capacité à réagir rapidement en situation d'urgence	2
	→ Diminution des risques au travail	6
	→ Meilleure rétention des connaissances	3
	→ Augmentation de la confiance en soi de l'apprenant	1

Liste de références aux articles publiés dans MineAvenir entre janvier et juin 2018

Bismuth, Denis. (2018). Formation : une révolution copernicienne est-elle en marche. Harvard Business Review France. En ligne : <https://www.hbrfrance.fr/chroniques-experts/2018/02/18930-formation-revolution-copernicienne-marche>, consulté le 16 juillet 2018.

Benton, Dale. (2018). *IoT and data analytics : the mining of tomorrow*. Mining global. En ligne : <https://www.miningglobal.com/operations/iot-and-data-analytics-mining-tomorrow>, consulté le 16 juillet 2018.

EMC2 (2018). Sortie du guide « L'humain au cœur de l'Industrie du Futur ». Up'magazine. En ligne : <http://www.up-magazine.info/index.php/actualites/actus-bref/7564-sortie-du-guide-l-humain-au-coeur-de-l-industrie-du-futur>, consulté le 22 août 2018.

Hosie, Ewen (2018). *Rio Tinto gains accreditation for Pilbara autonomous train project*. Australian Mining. En ligne : <https://www.australianmining.com.au/news/rio-tinto-gains-accreditation-pilbara-autonomous-train-project/>, consulté le 29 août 2018.

Industrial Technology (2018). *Arriving now – The factories on the future*. En ligne : <https://www.industrialtechnology.co.uk/products--arriving-now-the-factories-of-the-future.html>, consulté le 29 août 2018.

Institut du Québec. (2018). Automatisation, nouveaux modèles d'affaires et emploi, En ligne : http://www.institutduquebec.ca/docs/default-source/recherche/9406_automatisation-nouveaux-mod%C3%A8les-d-affaires-et-emploi_idg_br.pdf, consulté le 4 juillet 2018.

Institut national des mines. (2018). *Formation professionnelle: partenariat et mine 4.0*. En ligne. Consulté le 18 juillet 2018.

International Data Corporation (IDC) Canada. (2018). Neuf entreprises canadiennes sur 10 ont subi au moins une atteinte à la cybersécurité l'année dernière, En ligne : <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/neuf-entreprises-canadiennes-sur-10-ont-subit-au-moins-une-atteinte-a-la-cybersecurite-lannee-derniere-673327643.html>, consulté le 10 juillet 2018.

Krol, Ariane. (2018). *Marché de l'emploi : mon collègue le robot*. La Presse +, En ligne : http://plus.lapresse.ca/screens/5cb9dfe1-c923-44a5-9e15-c9478d6b6d7a%7C_0.html, consulté le 4 juillet 2018.

Larose, Yvon. (2018). *Cap sur la transition numérique*. Le Fil, En ligne : <https://www.lefil.ulaval.ca/cap-defis-de-transition-numerique/>, consulté le 5 juillet 2018.

Letarte, Martine. (2018). *Portfolio formation des ingénieurs : allumer l'étincelle chez les jeunes*. En ligne : http://plus.lapresse.ca/screens/0fd4e017-34b7-4d6b-922d-fead6993a9a6%7C_0.html, consulté le 5 juillet 2018.

Lewington, Jennifer. (2018). *Miners go back to (business) school*. The globe and mail. En ligne : <https://www.theglobeandmail.com/globe-investor/miners-go-back-to-business-school/article38126695/>, consulté le 24 juillet 2018.

MaVieTechno. (2018). *MaVieTECHNO : initiations les jeunes aux compétences numériques*. École branchée. En ligne : <https://www.lecitoyenrouynlasarre.com/article/2018/2/23/une-premiere-nord-americaine-pour-agnico-eagle>, consulté le 19 juillet 2018.

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. (2018). *La transformation numérique, le monde du travail et les nouvelles compétences*. Vecteurs économie et innovation. https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/vecteurs/vecteurs-actualites/vecteurs-actualites-details/?no_cache=1&tx_ttnews%5Bttnews%5D=22434&tx_ttnews%5Bcat%5D=&cHash=6fde77f7fc6504fbd41f40bb8fc2c9d5, consulté le 9 septembre 2018.

Ministère de l'Innovation, Sciences et Développement Canada. 2018. *Technologies transformatrices et emplois de l'avenir*. En ligne : https://www.ic.gc.ca/eic/site/113.nsf/fra/h_07638.html, consulté le 9 septembre 2018.

Moore, Paul. (2018). *NORCAT unveiling new AR and VR training and learning tech for mining at PDAC*. Mining International. En ligne : <https://im-mining.com/2018/03/05/norcat-unveiling-new-ar-vr-training-learning-tech-mining-pdac/>, consulté le 24 juillet 2018.

Musil, Steven. (2018). *Google milite – L'éducation au numérique, ce n'est pas juste coder*. Focus Métier. En ligne : <https://www.zdnet.fr/actualites/google-milite-l-education-au-numerique-ce-n-est-pas-juste-coder-39862950.htm>, consulté le 4 juillet 2018.

Nedelkoska, L. and G. Quintini (2018), *Automation, skills use and training*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 202, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>

Newport Consulting (2018). *Mining business Outlook Report: Thriving the age of automation*. En ligne : <http://newportconsulting.com.au/2018-mining-business-outlook-industry-stages-strong-comeback/>, consulté le 5 juillet 2018.

Niedercorn, Frank. (2018). *Intelligence artificielle : le grand défi de la formation*. Les Échos. En ligne : <https://www.lesechos.fr/intelligence-artificielle/cas-pratiques/0301362503647-intelligence-artificielle-le-grand-defi-de-la-formation-2159811.php>, consulté le 25 juillet.

Pennaforte, Antoine (2018). *Ressources humaines et transformation numérique : quels enjeux?* The conversation. En ligne : <https://theconversation.com/ressources-humaines-et-transformation-numerique-quels-enjeux-90601>, consulté le 5 juillet 2018.

PwC (2018). *Education and retraining critical to help workers adjust to future waves of automation*. En ligne : <https://press.pwc.com/News-releases/education-and-retraining-critical-to-help-workers-adjust-to-future-waves-of-automation/s/8403fbe1-554e-4968-9500-f9d59537b504>, consulté le 18 juillet 2018.

RBC (2018). L'automatisation touchera au moins 50 % des emplois au Canada d'ici dix ans, selon une étude de RBC. RBC. En ligne : <http://www.rbc.com/nouvelles/news/2018/20180326-future-skills-rpt.html>, consulté le 9 septembre 2018.

Roberts, Richard. (2018). Technology central to future of mine asset management. Mining Journal. En ligne : <https://www.mining-journal.com/investment/news/1316687/technology-central-to-future-of-mine-asset-management>, consulté le 22 août 2018.

Rodrigue, Patrick (2018). *Une première nord-américaine pour Agnico Eagle*. La Frontière. En ligne : <https://www.lecitoyenrouynlasarre.com/article/2018/2/23/une-premiere-nord-americaaine-pour-agnico-eagle>, Consulté le 19 juillet 2018.

Scarlar Decisions inc. (2018). *Neuf entreprises canadiennes sur 10 ont subi au moins une atteinte à la cybersécurité l'année dernière*. Cision En ligne : <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/neuf-entreprises-canadiennes-sur-10-ont-subit-au-moins-une-atteinte-a-la-cybersecurite-lannee-derniere-673327643.html>, consulté le 16 juillet 2018.

Scheuermann, Jane A (2018). Group vs. Collaborative Learning: knowing the Difference makes a Difference. Faculty Focus. En ligne : <https://www.facultyfocus.com/articles/course-design-ideas/group-vs-collaborative-learning-knowing-difference-makes-difference/>, consulté le 16 juillet 2018.

Shook, Ellyn et Knickrehm, Mark (2018). *Reworking the revolution*. Accenture Strategy. En ligne : https://www.accenture.com/t20180613T062119Z__w__/us-en/_acnmedia/PDF-69/Accenture-Reworking-the-Revolution-Jan-2018-POV.pdf#zoom=50, consulté le 25 juillet 2018.

St-Arnaud, Pierre (2018). *Le jeu vidéo peut être utile en enseignement*. La Presse. En ligne : <http://www.lapresse.ca/techno/jeux-video/201802/13/01-5153752-le-jeu-video-peut-etre-utile-en-enseignement.php>, consulté le 16 juillet 2018.

Turner, Julian (2018). Improving sustainability: should miners turn to IoT? Mining Technology. En ligne : <https://www.mining-technology.com/digital-disruption/internet-of-things/improving-sustainability-miners-turn-iot/>, consulté le 19 juillet 2018.

Turner, Julian (2018). *Mining the gap : training mining workers for a digital future*. En ligne : <https://www.mining-technology.com/features/mind-gap-training-mining-workers-digital-future/>, Consulté le 5 juillet 2018.

Williams Kylie (2018). *Six new autonomous Caterpillar trucks to be used at Highland Valley Copper by end of 2018*. CIM Magazine. En ligne : <http://magazine.cim.org/en/news/2018/teck-launches-autonomous-haul-truck-pilot-at-hvc/>, consulté le 29 août 2018.

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

819 825-4667
www.inmq.gouv.qc.ca

***Institut national
des mines***

Québec 