




AVIS AUX MINISTRES DE L'ÉDUCATION
ET DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

**Mesurer l'intégration du numérique
dans les programmes d'études:
déploiement d'un outil de diagnostic**

Mars 2021

*Institut national
des mines*

Québec 



Le présent avis aux ministres est produit par l'Institut national des mines. Il a été adopté par son conseil d'administration, le 22 mars 2021.

Il s'appuie sur les résultats des travaux de recherche effectués par l'Institut:

- Québec. Institut national des mines (2021a). Diagnostic numérique 4.0 d'un programme d'études ou de formation. Application au secteur minier du Québec. Études et rapports. Rédigé par Alexandre Nana, Val-d'Or. (À paraître)
- Québec. Institut national des mines (2021c). Portrait de la formation dispensée par les entreprises minières à leur personnel: Analyse comparative 2013-2016-2019. Études et rapports, Rédigé par Alexandre Nana, Val-d'Or, 54 p.

Pour toutes demandes de renseignements :

Institut national des mines
125, rue Self
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2
Téléphone: 819 825-4667
info@inmq.gouv.qc.ca | inmq.gouv.qc.ca

ISBN: 978-2-550-89285-4 (Imprimé)

ISBN: 978-2-550-89286-1 (PDF)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2021

© Gouvernement du Québec, Institut national des mines (2021)



PRÉAMBULE

L'Institut national des mines (INMQ)¹ a pour mission de soutenir le gouvernement dans l'exercice de sa responsabilité en matière d'éducation dans le secteur minier. Il agit comme conseiller auprès du gouvernement en s'appuyant sur des projets de recherche qu'il réalise et sur les suggestions proposées par les acteurs du milieu de l'éducation et du secteur minier afin de faire la promotion d'une formation minière de qualité répondant aux besoins de la mine actuelle et future.

Le mandat qu'a reçu l'Institut est de maximiser la capacité de formation de la main-d'œuvre, en optimisant les moyens disponibles et en les utilisant selon la vision concertée de tous les acteurs du secteur minier, contribuant ainsi à l'amélioration de la productivité, de la compétitivité du Québec et de l'employabilité des travailleuses et des travailleurs.

Le plan stratégique 2018-2023 de l'Institut national des mines a pour objectif de structurer les efforts déployés par l'organisme afin de remplir pleinement ce mandat. En mettant notamment l'accent sur l'analyse des tendances en innovation susceptibles d'avoir un impact sur la formation minière au Québec et sur l'élaboration et la mise à jour d'un référentiel de compétences recherchées, ce plan stratégique contribue à positionner l'Institut national des mines comme un leader de premier plan dans le processus québécois d'actualisation de l'offre de formation minière.

Depuis le début de ses activités en 2010, l'Institut a acquis une expertise unique grâce à son étroite collaboration avec les acteurs institutionnels et corporatifs concernés par la formation minière, à la réalisation d'activités de veille sur les tendances innovantes en formation minière à l'échelle mondiale et à l'accomplissement de missions internationales permettant de documenter les avancées pédagogiques et technologiques mises sur pied par d'autres juridictions minières. Au cours de ses dix années d'existence, l'Institut national des mines est donc devenu une référence incontournable afin d'orienter les décisions stratégiques gouvernementales dans les limites de la mission qui lui est confiée.

¹ Les membres du conseil d'administration de l'Institut national des mines en date du 22 mars 2021 sont identifiés à l'annexe I.

MISSION, VISION ET VALEURS

Mission

Par des recommandations et des avis fondés, conseiller le gouvernement du Québec dans la mise en œuvre d'une offre de formation d'avant-garde contribuant au développement du plein potentiel du secteur minier, au bénéfice de la société québécoise.

Plus particulièrement, le mandat² de l'Institut national des mines inclut notamment ce qui suit :

- « 1 coordonner les interventions des différents ordres d'enseignement pour répondre aux besoins de formation et de main-d'œuvre du secteur minier;
- 2 estimer les besoins de formation actuels et futurs du secteur minier et assurer une veille continue de leur évolution quant à leur nature et à leur répartition géographique;
- 3 soumettre au ministre³ et au ministre de l'Enseignement supérieur, de la Recherche, de la Science et de la Technologie des propositions visant à actualiser l'offre de formation;
- 4 participer activement aux efforts de promotion des métiers et professions du secteur minier. »

Vision

L'Institut national des mines vise la concertation de tous les acteurs concernés afin de positionner le Québec comme un leader national et international en formation minière.

Valeurs

Concertation entre les établissements des trois ordres d'enseignement et l'industrie minière.

Rigueur dans la documentation des tendances technologiques, dans les analyses qui en découlent et dans la rédaction de recommandations au ministre pouvant influencer l'offre de formation.

Innovation dans son modèle de concertation contribuant à l'attraction et à l'actualisation de l'offre de formation minière adaptée aux différentes clientèles.

² Extrait de l'article 5 de la Loi sur l'Institut national des mines (RLRQ, c. I-13.1.2).

³ Le libellé de ce paragraphe respecte la Loi sur l'Institut national des mines.



TABLE DES MATIÈRES

Préambule	4	Cohérence de l'outil avec les actions gouvernementales	35
Mission, vision et valeurs	5	Le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur 2018-2023	35
Mission	5	Le Plan pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025	36
Vision	5	Le Plan d'action pour la main-d'œuvre 2018-2023	37
Valeurs	5	La Stratégie de transformation numérique gouvernementale 2019-2023	38
Sommaire exécutif	8	Recommandation	40
Introduction	11	Conclusion	42
Aperçu de l'influence du numérique	12	Références	44
Le virage numérique de l'industrie minière	12	Membres du conseil d'administration	48
Le virage numérique en éducation	14	Liste des publications de l'Institut national des mines (Planification stratégique 2018-2023)	50
Les travaux de l'Institut national des mines en lien avec le numérique	16		
Accroître notre potentiel pour la prospérité du Québec	19		
Présentation et mise en œuvre du diagnostic	25		
Les axes de base de l'outil de diagnostic	25		
Application de l'outil sur deux programmes de formation minière	28		
Essentiel des résultats	28		
Principaux constats	32		
Dix bénéfices potentiels du diagnostic numérique 4.0	34		

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le présent **avis** déposé aux ministres de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur comprend une recommandation principale qui s'appuie sur les résultats de projets de recherche réalisés par l'Institut national des mines avec la collaboration des entreprises minières et des établissements d'enseignement du Québec.

Le virage numérique est un processus qui se planifie. Une façon appropriée d'entreprendre cette transformation est de commencer par un diagnostic. C'est pourquoi l'outil de diagnostic numérique 4.0 conçu par l'Institut national des mines est mis à la disposition des ministres de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. L'Institut recommande de déployer cet outil dans les établissements d'enseignement volontaires pour déterminer les besoins en formation relative au numérique des différentes catégories de personnel. Il recommande également que des travaux soient effectués pour permettre à ce personnel de développer ou de rehausser leurs compétences numériques.


En effet, dans l'industrie minière, la transition d'une entreprise vers l'industrie 4.0 provoque la mutation non seulement des profils des emplois, mais également des besoins en compétences. En fait, tandis que les savoir-faire techniques et les connaissances métiers pour accéder à certains emplois auront de moins en moins d'importance, des habiletés et des savoir-être jugés jusqu'alors moins essentiels, comme l'adaptabilité aux changements et la pensée analytique et critique, revêtiront un intérêt de plus en plus grandissant (Julien et Martin, 2018, p. 51). L'analyse comparative 2013-2016-2019 du portrait de la formation dispensée par les entreprises minières à leur personnel abonde aussi en ce sens, puisqu'elle révèle que les compétences transversales se classent en deuxième position (la première place étant détenue par l'automatisation et la robotisation) des compétences numériques qui seront les plus recherchées au cours des trois prochaines années par les entreprises minières au Québec (Institut national des mines, 2021c).

En éducation, le numérique ouvre la voie non seulement à de nouveaux modes d'enseignement, mais également à de nouveaux défis (Couture, Hugo, 2020; Selwin, 2018) et soulève plusieurs enjeux (Gaudreau et Lemieux, 2020; Gravelle et al., 2019). Le numérique a également un impact sur les compétences du personnel (Conseil supérieur de l'éducation, 2020; Forum économique mondial, 2020). De plus, la crise sanitaire mondiale, en introduisant le facteur de distance dans tous les aspects de l'activité humaine, a accéléré l'adoption et l'appropriation des divers outils numériques par l'ensemble de la communauté éducative.

Par ailleurs, l'Institut national des mines, en collaboration avec ses partenaires du gouvernement, du milieu éducatif et de l'industrie minière du Québec, a réalisé de nombreuses études et recherches pour soutenir le virage numérique 4.0 de la formation minière et, plus globalement, du système éducatif. Parmi ses nombreuses publications se trouve *Le cadre de référence des compétences à l'ère du numérique dans le secteur minier*, publié en janvier 2020 (Institut national des mines, 2019a). Ce cadre est le fruit d'une collaboration entre l'Institut national des mines, le Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines, l'Association minière du Québec, des établissements d'enseignement, des entreprises minières, les ministères de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, et une firme spécialisée en développement des compétences. Le cadre présente les 23 compétences essentielles à l'ère du numérique dans le secteur minier et détermine les 11 postes les plus vulnérables à la transformation numérique. Il propose également une matrice de gestes clés associés à chaque compétence et présentant les comportements requis pour être en maîtrise de la compétence. Les postes et les gestes clés ont été validés par le personnel de l'industrie minière au Québec.

Dans un secteur minier dynamique qui ne cesse d'intensifier son recours aux outils numériques et aux technologies émergentes, le virage numérique 4.0 soulève plusieurs enjeux importants, notamment les suivants :

- **Disposer d'un personnel actuel et futur qui possède les compétences appropriées pour évoluer adéquatement dans un environnement numérique 4.0.** À cet égard, du fait de la 4^e révolution industrielle, les besoins en compétences numériques 4.0 ne cesseront d'augmenter dans les prochaines années, au rythme de l'hybridation numérique des métiers et des professions et de la création de nouveaux emplois.
- **Augmenter l'agilité dans le processus de développement et d'actualisation des programmes d'études.** Le temps de développement et d'actualisation d'un programme devrait s'ajuster aux besoins d'un marché du travail fortement influencé par la 4^e révolution industrielle et la crise sanitaire. Cela permettra entre autres de réduire ou d'éviter un décalage de compétences et de mieux s'arrimer aux attentes évolutives de la société.
- **Améliorer l'attractivité de la formation minière auprès des futurs apprenants et apprenantes.** À travers son virage numérique, l'industrie minière se tourne vers des modes d'exploration, d'extraction et d'exploitation plus technologiques et plus sécuritaires, puisque les technologies jouent un rôle de plus en plus important dans la promotion de la santé et de la sécurité au travail.



Afin de répondre à ces enjeux et de soutenir le gouvernement dans ses initiatives en lien avec le développement des compétences du 21^e siècle de la main-d'œuvre actuelle et future, l'Institut national des mines a élaboré puis validé un outil de diagnostic numérique 4.0. Les principaux constats qui ressortent de la validation de cet outil sur deux programmes d'études collégiales et professionnelles sont les suivants :

- L'importance d'effectuer un diagnostic numérique 4.0 afin de planifier adéquatement la transition numérique;
- La nécessité de développer les compétences numériques de tous les membres de la communauté éducative;
- Le besoin d'une plus grande agilité dans les processus de révision ou d'actualisation des programmes;
- La place importante à accorder à l'humain, notamment à la valeur ajoutée pour l'humain et à la gestion du changement, dans le virage numérique.

L'outil proposé fournit un moyen simple de concrétiser plusieurs actions gouvernementales comme le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018), le Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2020), le Plan d'action pour la main-d'œuvre 2018-2023 (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2019) et la Stratégie de transformation numérique gouvernementale 2019-2023 (Conseil du trésor, 2020). **Il permet notamment de faire un état des lieux (portrait) numérique d'un programme ou d'un établissement, de cibler les besoins et les formations propres à chaque membre de la communauté éducative, de faciliter le processus de révision des programmes, et d'identifier les besoins en outils numériques et en technologies émergentes.** L'outil est également adaptable à d'autres secteurs d'activité, puisque la réflexion en filigrane de cet **avis** reste pertinente pour tous les domaines de formation, et ce, pour une population québécoise la mieux formée au monde.

INTRODUCTION

L'omniprésence du numérique dans toutes les sphères de la vie est aujourd'hui indéniable. Que ce soit dans l'industrie, dans l'éducation ou dans les activités quotidiennes, le numérique continue de façon immuable à prendre une place de plus en plus prépondérante, jusqu'à devenir incontournable. À titre illustratif, dans l'industrie, le numérique révolutionne les méthodes de travail à un point où il est question de nos jours de quatrième révolution industrielle (encore appelée industrie 4.0), ce qui ne signifie pas plus d'automatisation et de robotisation, mais plus d'intelligence dans l'interconnexion et la synchronisation des différents systèmes des usines et du personnel (Julien et Martin, 2018, p. 1). En éducation, le numérique ouvre la voie non seulement à de nouveaux modes d'enseignement, mais également à de nouveaux défis (Couture, Hugo, 2020; Selwin, 2018), en plus de soulever plusieurs enjeux (Gaudreau et Lemieux, 2020; Gravelle et al., 2019). De plus, il change complètement les compétences recherchées chez le personnel (Conseil supérieur de l'éducation, 2020; Forum économique mondial, 2020).

Par ailleurs, avant même que l'onde de choc numérique soit résorbée, la crise sanitaire mondiale, en introduisant le facteur de distance dans tous les aspects de l'activité humaine, n'a laissé d'autre choix à la communauté éducative que celui de prendre ou d'accélérer son tournant numérique. Dans cette perspective, diverses initiatives ont été mises sur pied par les établissements d'enseignement et de multiples mesures ont été prises par le ministère pour promouvoir le numérique ainsi que le Plan d'action numérique (PAN) en éducation et en enseignement supérieur (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018). C'est dans cette foulée que **l'Institut national des mines a conçu, élaboré puis validé un outil permettant de poser le diagnostic numérique des programmes d'études et de formation**. En favorisant une mise en œuvre concrète du Plan d'action numérique, cet outil offre la possibilité d'analyser et de déterminer les besoins pédagogiques, technologiques et les compétences numériques non seulement des personnes apprenantes, mais encore des personnes qui occupent les métiers ou les professions de l'éducation et de la formation.

Cet outil de diagnostic a fait l'objet d'un rapport (Institut national des mines, 2021b). Cet avis s'appuie donc sur les résultats probants révélés dans ce rapport, en l'occurrence sur les constats qui ont pu être dégagés à la suite de la validation de l'outil sur des programmes d'études. L'**avis se termine en présentant une recommandation qui vise à déployer l'outil à l'échelle du Québec et à soutenir les membres de la communauté éducative et les établissements d'enseignement dans leur virage numérique**.

APERÇU DE L'INFLUENCE DU NUMÉRIQUE

Le numérique est sans conteste omniprésent dans chaque aspect de nos vies. L'onde de choc qu'il a provoquée, amplifiée ces derniers mois par la crise sanitaire, continue de secouer les fondements et les modèles d'affaires dans différents secteurs d'activité. Que ce soit pour saisir les opportunités industrielles qu'il offre ou pour répondre en urgence aux nouveaux besoins, dans l'industrie ou dans l'éducation, chaque secteur a une bonne raison d'adopter le numérique. Et si, au départ, le numérique était simplement un choix ou une éventualité, il est en train de devenir un impératif, particulièrement à cause des conséquences de cette crise sanitaire qui force à utiliser les outils numériques. Cette partie présentera un état des lieux macroscopique du numérique dans l'industrie minière ainsi qu'en éducation. Il apparaîtra que le besoin en compétences numériques ne cessera de croître au cours des prochaines années, et que le Québec, à travers l'outil de diagnostic proposé dans cet **avis**, a une opportunité pour faire en sorte que la population québécoise soit la mieux formée au monde.

La 4^e révolution industrielle, encore appelée industrie 4.0, ne se traduit pas par plus de numérique ni plus de technologie, mais par plus d'intelligence dans la façon de les utiliser.

Le virage numérique de l'industrie minière

Au fil des années, l'industrie est passée par plusieurs périodes marquantes, de la première à la quatrième révolution industrielle (Julien et Martin, 2018). Cette dernière, qui est encore appelée industrie 4.0, ne se traduit pas par plus de numérique ni plus de technologie, mais par plus d'intelligence dans la façon de les utiliser. En effet, «*le caractère proprement révolutionnaire de l'industrie 4.0 ne provient pas d'une rupture technologique, mais davantage de l'ajout d'une brique technologique transversale qui interconnecte et synchronise les différents systèmes de production les uns avec les autres, quelle que soit leur localisation géographique*» (Köhler et Weisz, 2016).

De manière pratique, loin de rester en marge de cette révolution numérique, plusieurs entreprises qui exploitent des sites miniers au Québec ont également entrepris leur virage technologique depuis quelques années. En guise d'illustration, citons le déploiement de la technologie LTE⁴ sous terre dans l'une des mines les plus profondes au Canada, qui est située au Québec, dotant ainsi les galeries souterraines d'une infrastructure de communication qui permet la transmission des voix, des données et des images. Dans une autre mine, on utilise des camions entièrement autonomes sous terre qui effectuent quotidiennement de multiples trajets entre les chargements et déchargements du minerai et qui sont manœuvrés par un opérateur depuis une salle de contrôle située à la surface. Un autre exemple est celui d'une entreprise qui a planifié sa transformation numérique à partir d'un plan numérique global qui inclut des foreuses automatisées et un centre de contrôle des opérations à distance à partir duquel il est possible de gérer les activités du site minier situé à des centaines de kilomètres. De plus amples informations sur ces exemples sont disponibles dans des publications de l'Institut national des mines (2019d) et du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (2019). En outre, il s'avère également que le personnel minier souhaite recevoir plus de formations inhérentes au développement de ses compétences numériques, comme le révèle une enquête effectuée par l'Institut national des mines auprès des entreprises minières (2019, p. 32).

La transition d'une entreprise vers l'industrie 4.0 provoque la mutation non seulement des profils des emplois, mais également des besoins en compétences (Julien et Martin, 2018, p. 36). En fait, tandis que les savoir-faire techniques et les connaissances métiers pour accéder à certains emplois auront de moins en moins d'importance, des habiletés et des savoir-être jugés jusqu'alors moins essentiels, comme l'adaptabilité aux changements, la pensée analytique et critique, la créativité et l'intelligence émotionnelle, revêtiront un intérêt de plus en plus grandissant (Julien et Martin, 2018, p. 51). Cela est cohérent avec le diagnostic sectoriel de l'industrie des mines qui affirme que «le passage au 4.0 changera les pratiques de gestion des ressources humaines, notamment sur l'embauche qui demandera des compétences différentes et plus spécialisées, sur la requalification des travailleurs actuels et sur les nouveaux modes de formation pour répondre aux nouveaux besoins technologiques» (CSMO Mines, 2020a). L'analyse comparative 2013-2016-2019 du portrait de la formation dispensée par les entreprises minières à leur personnel abonde aussi en ce sens, puisqu'elle révèle que les compétences transversales se classent en deuxième position (la première place étant détenue par l'automatisation et la robotisation) des compétences numériques qui seront les plus recherchées au cours des trois ►

Les compétences transversales se classent en deuxième position des compétences numériques qui seront les plus recherchées par les entreprises minières au Québec au cours des trois prochaines années.

⁴ LTE, sigle de «Long Term Evolution», est une nouvelle (quatrième) norme de téléphonie mobile.

prochaines années par les entreprises minières au Québec (Institut national des mines, 2021c). Ce besoin continuera de croître puisque d'ici 2025, 44 % des compétences dont le personnel aura besoin pour s'acquitter efficacement de ses tâches auront changé et les employeurs s'attendent à devoir rehausser des compétences ou requalifier plus de 70 % de leur personnel (Forum économique mondial, 2020).

Le virage numérique en éducation

Le sujet de l'intégration du numérique en éducation est bien documenté dans la littérature. Pour le constater, il suffit de lire les publications du Conseil supérieur de l'éducation (2019, 2020), de Gaudreau et Lemieux (2020), de Gravelle et *al.* (2019), de Mastafi, (2015) et du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (2018, 2019). L'intention ici n'est pas de faire un inventaire exhaustif de toute la littérature sur ce vaste et très riche sujet, mais certains éléments saillants demeurent importants à mentionner. Le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur (PAN) est la pièce maîtresse de l'agenda numérique mis en place afin de permettre aux différents acteurs du système éducatif, comme les personnes apprenantes et le personnel des établissements d'enseignement, de « *saisir les nombreuses possibilités, en termes d'apprentissage, de pratiques d'enseignement, de communication et de créativité, qu'offre le numérique* » (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018). Dans la foulée de la mise en œuvre du Plan d'action numérique, le ministère a publié le Cadre de référence de la compétence numérique (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019) et, plus récemment, un référentiel de compétences professionnelles de la profession enseignante (Ministère de l'Éducation, 2020b). Ce cadre mentionne que la compétence numérique est « *intimement liée au développement professionnel de tous les travailleuses et travailleurs du 21^e siècle. [...] il est nécessaire que toutes et tous soient en mesure d'utiliser les ressources numériques disponibles [...] pour maintenir leurs compétences professionnelles à jour* » (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019). Un bilan des actions menées lors de la première année de mise en œuvre du Plan d'action numérique a également été dressé en 2020 (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2020). Selon ce bilan, 30 des 33 mesures ont démarré au cours de la première année de mise en œuvre du plan d'action.

Dans le même ordre d'idées, le Conseil supérieur de l'éducation, à travers ses études et ses recherches sur l'intelligence artificielle (Gaudreau et Lemieux, 2020) ainsi que son rapport sur l'état et les besoins de l'éducation 2018-2020 (Conseil supérieur de l'éducation, 2020), souligne que le rôle de l'enseignante ou de l'enseignant est en train d'évoluer. L'intensification de l'usage du numérique en éducation et l'avènement de la crise sanitaire, qui a forcé plusieurs établissements d'enseignement à trouver la formule ou la combinaison la plus appropriée selon les contextes entre les modes présentiel, virtuel ou hybride, ont amené l'enseignante ou l'enseignant à jouer de plus en plus un rôle d'accompagnement ou de soutien des personnes apprenantes dans le développement de leurs compétences. C'est ainsi que les élèves et la population étudiante deviennent des cocréateurs de l'activité d'enseignement, et ce, dans une perspective de formation tout au long de la vie. En revanche, remarquons que les technologies les plus perfectionnées ne sont pas forcément les plus riches en pédagogie, mais encore ne remplacent pas la créativité humaine ni l'apport des dynamiques sociales et l'influence des facteurs contextuels de l'environnement d'apprentissage sur des aspects comme l'attention, la persévérance, la discipline ou la motivation. Le virage numérique 4.0 doit donc être au service de l'humain, d'une part, et d'autre part l'humain doit demeurer au cœur du développement des technologies, particulièrement celles inhérentes au recours à l'intelligence artificielle, afin de permettre « **l'humain augmenté** », c'est-à-dire l'humain dont les capacités, par exemple en ce qui concerne le temps de réaction, la précision, le traitement de l'information et la prise de décisions, s'appuient sur les technologies et les systèmes utilisant l'intelligence artificielle.

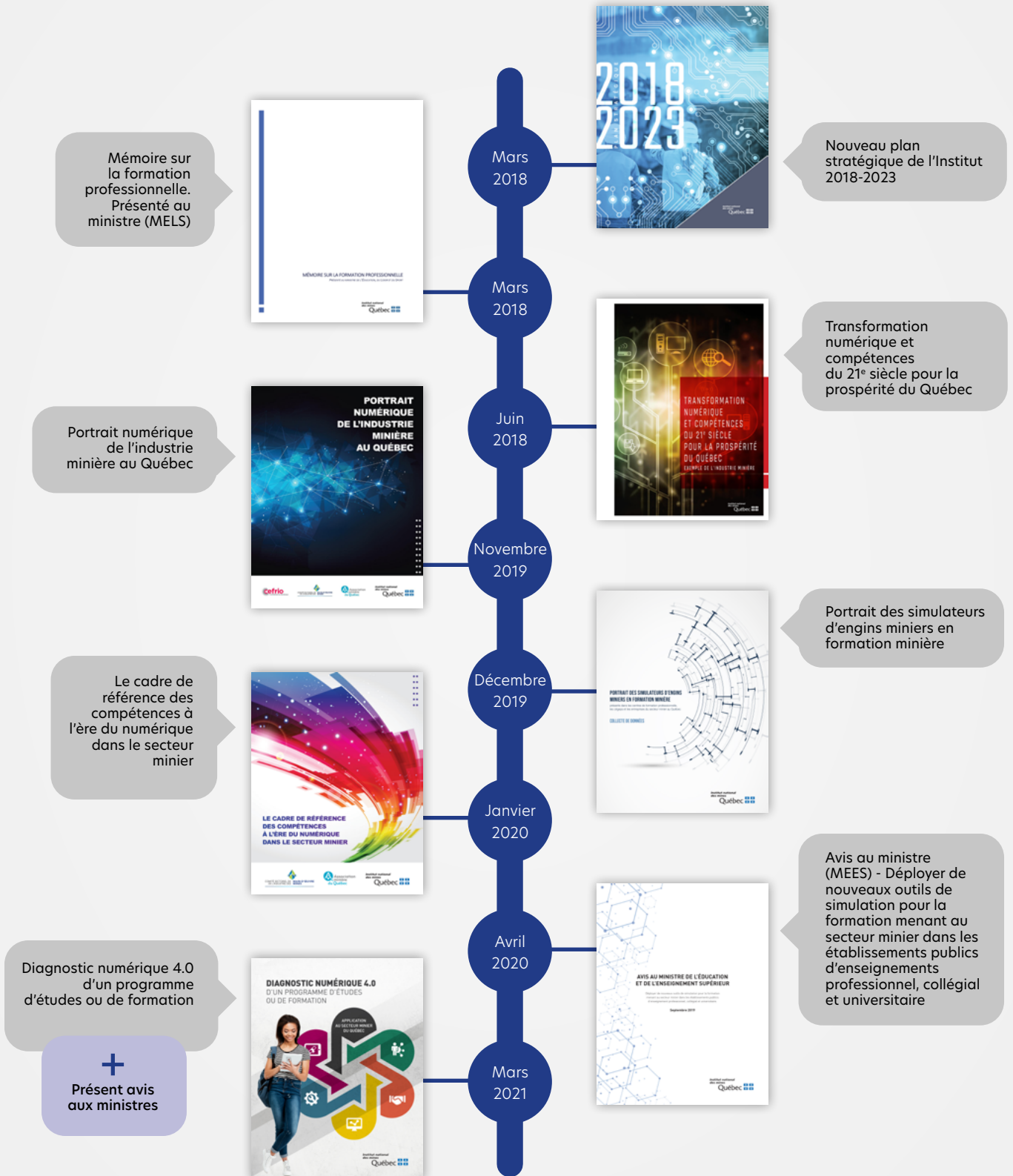
Le numérique doit demeurer au service de l'humain, car il ne peut remplacer l'apport des facteurs contextuels de l'environnement d'apprentissage sur des aspects comme l'attention, la persévérance, la discipline ou la motivation.

Les travaux de l'Institut national des mines en lien avec le numérique

Dans le secteur minier au Québec, l'Institut national des mines, en collaboration avec ses partenaires du milieu éducatif, du gouvernement et de l'industrie minière, a réalisé de nombreuses études et recherches pour soutenir le virage numérique 4.0 de la formation minière et, plus globalement, du système éducatif.

La **figure 1** met en lumière les projets de recherche de l'Institut à l'ère numérique dans le secteur minier, et ce, suivant son plan stratégique 2018-2023. Elle montre que l'Institut national des mines a déposé au ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport **un mémoire sur la formation professionnelle**, et ce, à la suite des deux journées de réflexion sur la formation professionnelle organisées à l'initiative de ce même ministère (Institut national des mines, 2018a). Conformément à son mandat de soutenir le gouvernement du Québec dans la mise en œuvre d'une offre de formation d'avant-garde, le mémoire déposé mentionnait déjà la nécessité d'avoir un processus optimisé de révision des programmes d'études, plus flexible et plus rapide, de prendre en compte les compétences du 21^e siècle dans l'offre de formation, tout en soulevant des enjeux relatifs aux modes de formation novateurs et à l'utilisation des technologies immersives et de simulation comme l'évaluation en contexte numérique. Plus encore, l'Institut a proposé en 2018 un Cadre de référence des compétences occupationnelles relatives à l'employabilité de la main-d'œuvre minière qui se structurait autour de 16 compétences regroupées en quatre domaines : les compétences personnelles, interpersonnelles, occupationnelles et cognitives (Institut national des mines, 2018a, p. 7-12). Ce cadre de référence sera actualisé deux ans plus tard; il en sera question plus loin dans cet avis. Au courant de la même année, l'Institut a publié l'étude intitulée Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec, qui s'adressait aussi bien à l'industrie minière qu'au milieu éducatif. Ce rapport fait le constat du virage numérique amorcé par les entreprises minières sous l'impulsion de la 4^e révolution industrielle, aborde les impacts de cette transition numérique sur les emplois et sur les profils de compétences, et propose de repenser les formations de manière à permettre aux apprenantes et aux apprenants de développer les compétences indispensables pour relever les défis du marché de travail du futur (Institut national des mines, 2018b).

Figure 1 Projets de recherche de l'Institut national des mines en lien direct avec le numérique dans le secteur minier depuis 2018



Dans la continuité de ces travaux, l'Institut a brossé le premier portrait numérique de l'industrie minière au Québec (Institut national des mines, 2019d). À travers des exemples concrets de projets numériques inspirants, des entrevues semi-dirigées avec 14 dirigeants de mines et un questionnaire rempli par plus de 900 travailleuses et travailleurs de l'industrie minière, cet état de la situation du numérique dans l'industrie minière au Québec a permis d'avoir « l'heure juste » sur l'appropriation des concepts de la 4^e révolution industrielle dans le secteur minier. Cette étude rapporte également que « le transfert de compétences vers des métiers spécialisés est un enjeu partagé entre les mines. En ce sens, il devient évident que les institutions d'enseignement doivent mettre à jour leurs programmes afin de satisfaire à ces nouveaux besoins » (Institut national des mines, 2019d, p. 21). Le *Portrait des simulateurs d'engins miniers en formation minière présents dans les centres de formation professionnelle, les cégeps et les entreprises du secteur minier au Québec* sera effectué par la suite. Il s'agit d'une recension des simulateurs d'engins miniers déployés dans les établissements d'enseignement et les entreprises œuvrant dans le secteur minier au Québec (Institut national des mines, 2019c). Le document traite également des bénéfices et des opportunités offertes par la formation par simulateur pour augmenter l'attraction du secteur minier et le développement des compétences du 21^e siècle des personnes apprenantes. De cette collecte de données découlera un **avis** au ministre recommandant de déployer de nouveaux outils de simulation pour la formation menant au secteur minier dans les établissements publics d'enseignement professionnel, collégial et universitaire (Institut national des mines, 2019b).

Le Cadre de référence des compétences numériques dans le secteur minier présente les 23 compétences essentielles à l'ère du numérique dans le secteur minier, détermine les 11 postes les plus vulnérables à la transformation numérique et définit des gestes clés pour chaque compétence.

Le *Cadre de référence des compétences à l'ère du numérique dans le secteur minier*, publié en janvier 2020, marquera un tournant important dans les travaux de l'Institut (Institut national des mines, 2019a). En effet, il est le fruit d'une collaboration entre l'Institut national des mines, le Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines, l'Association minière du Québec, une firme spécialisée en développement des compétences, des établissements d'enseignement, des entreprises minières, du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur et le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale. Ce cadre, qui actualise le précédent, présente les 23 compétences essentielles à l'ère du numérique dans le secteur minier et les regroupe en 6 familles, détermine les 11 postes les plus vulnérables à la transformation numérique et va jusqu'à proposer une matrice de gestes clés associés à chaque compétence qui doivent être posés par le personnel pour démontrer sa maîtrise de la compétence. Les postes et chaque geste clé ont été validés par le personnel de l'industrie minière au Québec. À partir de ce cadre, l'Institut et ses partenaires

ont élaboré un document intitulé *Guide et outils de gestion pour le développement des compétences numériques du secteur minier*, qui est un outil clé en main pour les entreprises minières afin de les soutenir dans leur virage numérique et de les guider de manière pratique dans la gestion du changement à l'ère du numérique. Finalement, l'Institut a élaboré un diagnostic numérique 4.0 des programmes d'études et de formation dont le rapport paraîtra à l'automne 2021 et sur lequel se base la recommandation du présent **avis**.

En somme, le diagnostic numérique 4.0 élaboré par l'Institut est l'aboutissement de plusieurs années de recherche et d'études visant à recommander au gouvernement des actions concrètes pour aider la main-d'œuvre actuelle et future à se doter de compétences indispensables pour occuper les emplois devenus hybrides ou les nouveaux emplois émergents en raison de la transformation numérique.

Accroître notre potentiel pour la prospérité du Québec

La société de demain sera une société dynamique en continuel changement, et « *c'est par l'éducation en tout premier lieu que le Québec pourra se développer en tant que société numérique inclusive, équitable et innovante ainsi que devenir un leader mondial dans le domaine du numérique* » (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018, p. 14). Cela comporte plusieurs enjeux, notamment pour le secteur des mines.

ENJEU 1

Disposer d'un personnel 4.0 actuel et futur, c'est-à-dire qui possède les compétences numériques et émergentes appropriées pour évoluer adéquatement dans un environnement numérique 4.0 et, plus généralement, dans une société postpandémie fortement numérisée.

L'achat d'outils numériques qui sont à la fine pointe de la technologie, au même titre que l'automatisation de certaines activités, ne garantit pas la réussite du virage transformationnel 4.0. En guise d'illustration, remarquons que tous les capteurs que peut posséder un équipement n'ont d'importance que si les données sont bien recueillies, puis transformées en informations pertinentes pour la prise de décision. Pour ce faire, cela peut exiger que l'opérateur ait des compétences de base en informatique pour nettoyer et traiter les données de manière appropriée, ou alors que le programmeur informatique ait des connaissances relatives à l'utilisation de l'équipement concerné pour séparer correctement les informations pertinentes de celles qui ne le sont pas. De plus, la plupart des initiatives technologiques portent sur des solutions ciblées qui améliorent une opération ou un point de la chaîne de valeur (Deloitte, 2019, p. 15). Cela est contraire à la philosophie en filigrane du concept «4.0» qui requiert une vision du numérique qui influence l'ensemble de la chaîne de valeur (Forum économique mondial, 2017, p. 28; Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2016, p. 9).

Par ailleurs, lorsqu'on observe la liste des projets retenus et financés à la suite de l'appel de projets d'innovation liés aux technologies numériques 2019-2020 lancé par le ministère (Ministère de l'Éducation, 2020a), plusieurs constats émergent. Tout d'abord, il apparaît que seulement 8 % de l'ensemble des projets retenus mentionnent explicitement la formation professionnelle, bien que celle-ci génère à elle seule près de 68 % de la main-d'œuvre minière au Québec (CSMO Mines, 2020b). Ensuite, les initiatives mises en place par les établissements sont variables et ne s'apparentent pas à un virage numérique 4.0 qui suit une planification ou une stratégie. Plus encore, ces données laissent voir que les initiatives ont une portée numérique peu ou pas assez holistique, comme le suggèrent les principes sous-jacents à la 4^e révolution industrielle. Finalement, il apparaît que **le virage numérique du système éducatif (révolution 4.0) semble assimilé à l'intégration du numérique en éducation (révolution 3.0)**. En outre, bien que, dès la première année de mise en œuvre du Plan d'action numérique, «des autoformations pour accompagner les enseignants dans l'utilisation des équipements numériques ont été rendues disponibles en ligne, en lien avec trois catégories d'équipements, soit la robotique,

le laboratoire créatif et la flotte d'appareils» (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2020), «*les autoformations proposées ne répondent pas à tous les besoins*» (Conseil supérieur de l'éducation, 2020). Et «*si les employés ne sont pas formés adéquatement et au bon moment, [s'ils] n'ont pas l'encadrement requis ni les ressources et le pouvoir nécessaires, ils risquent bien de se conforter dans leurs anciennes façons de faire*» (Gravelle et al., 2019, p. 17). Ainsi, les besoins en compétences numériques 4.0 ne cesseront de s'accroître dans les prochaines années, au rythme de l'hybridation numérique des métiers et des professions ainsi que de la création de nouveaux emplois émergents conséquemment à la 4^e révolution industrielle.

Alors que les conséquences de l'arrivée de la 4^e révolution industrielle n'étaient pas encore résorbées, une seconde onde de choc, celle de la crise sanitaire, a frappé le monde entier et forcé même les plus réticents à s'ouvrir aux possibilités offertes par le numérique. Les mesures (formations, politiques, acquisitions, investissements, etc.) se sont multipliées dans l'urgence pour répondre à de nouveaux besoins et pour permettre le maintien en emploi. Il s'avère donc que les compétences du «futur» sont désormais indispensables «aujourd'hui», notamment en vue d'une reprise du travail postpandémique dans un monde remodelé par les multiples confinements et déconfinements, le travail et la collaboration à distance, l'automatisation des processus et la numérisation des tâches, l'hybridation des métiers et des professions, les reconversions professionnelles, et les autres conséquences de la crise sanitaire. Le temps de développement d'un programme, de son actualisation ou alors le temps de certification des compétences doit s'ajuster aux besoins de ce marché du travail afin de réduire ou d'éviter le décalage de compétences et de s'arrimer aux attentes évolutives d'un monde en constante évolution. Il faudra se reposer sur un concept d'éducation réinventée qu'on pourrait qualifier de «**formation 4.0**» ou d'«**éducation 4.0**», qui fait référence à une éducation qui fournit à chaque citoyen la possibilité d'atteindre son potentiel individuel, d'apprendre à gérer le changement et à y réagir positivement, de s'épanouir, ainsi que d'agir collectivement pour créer un meilleur avenir pour lui-même et pour les autres (Institut national des mines, 2018b, p. 62). À cet effet, l'Australie, comme certains autres pays, conduit actuellement des essais pour réformer son système national d'enseignement et de formation professionnels, et ce, afin d'offrir des formations plus rapides et plus adaptées et, en corollaire, les compétences nécessaires à la prospérité du secteur minier australien, essentielles à la relance économique du pays ►

ENJEU 2

Augmenter l'agilité, notamment en temps, en adaptation et en qualité, dans le processus de développement et d'actualisation des programmes pour les arrimer aux besoins actuels et futurs d'un marché du travail doublement perturbé par la 4^e révolution industrielle et la crise sanitaire.

(Zhou, 2021). Plus encore, considérant la diminution drastique des interactions sociales imposée par la crise sanitaire et le facteur de distanciation qui s'est insinué de manière péremptoire dans tous nos rapports au quotidien, de nombreux programmes et cours doivent être adaptés ou révisés, puisque bon nombre d'entre eux ont été développés en se reposant sur un modèle présentiel, c'est-à-dire dans lequel il faut rassembler dans un même endroit et au même moment plusieurs personnes. Initialement, la longueur, la durée et le contenu de ces programmes n'ont pas été conçus pour être offerts à distance, sans compter que, pour des reconversions professionnelles postpandémiques, des formations plus courtes et plus ciblées pourraient être privilégiées.

ENJEU 3

Accroître l'attractivité de la formation minière auprès des futurs apprenants et apprenants, notamment les générations plus jeunes, et identifier de manière précise les besoins inhérents au numérique.

Par sa transformation numérique, l'industrie minière se tourne de plus en plus vers des modes d'exploration, d'extraction et d'exploitation plus technologiques, mais surtout plus sensibles aux considérations environnementales. Le Québec, en cohérence avec le Plan pour une économie verte qui vise une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 37,5 % d'ici 2030 (Gouvernement du Québec, 2020a), sera le premier au Canada dont l'industrie minière à ciel ouvert utilisera un véhicule électrique lourd, lui ouvrant la possibilité de devenir le premier au monde à abriter une mine entièrement électrique (Propulsion Québec et Institut du véhicule innovant, 2020). **Des projets similaires, gages de prouesses technologiques, seront amenés à voir le jour au cours des prochaines années, au même titre que des défis qui devront être relevés pour doter la main-d'œuvre minière actuelle et future de compétences essentielles pour, entre autres, entretenir, maintenir et réparer de tels engins.** De fait, les préoccupations en santé et en sécurité et surtout les considérations environnementales ont pris une place prépondérante dans les critères de choix de métiers et de professions du secteur minier par la main-d'œuvre au fil des dernières années, en particulier pour les jeunes générations. Les changements climatiques, une économie plus verte, la réduction des gaz à effet de serre, l'électrification des véhicules, la réduction de l'utilisation des énergies fossiles, le traitement, la gestion et la valorisation des résidus miniers ainsi que la réduction de l'empreinte environnementale des modes d'opération et de transport font dorénavant partie des facteurs majeurs pris en compte

par les individus pour choisir d'exercer dans un secteur d'activité. Le rapport sur les perspectives énergétiques 2021 effectué à partir d'une enquête auprès de 22 000 employés et employées des secteurs minier, pétrolier et gazier dans 191 pays abonde dans ce sens, en révélant que près de la moitié des 37 % de répondants qui envisageaient le passage vers le secteur des énergies renouvelables provenaient de l'industrie minière, et qu'un pourcentage croissant de nouveaux diplômés sont sensibles à la menace des

changements climatiques (Brunel International et Oilandgasjobsearch.com, 2021, p. 10-11). Ainsi, comme le domaine minier en est un dans lequel l'acceptabilité sociale est un souci constant et dans lequel les technologies jouent un rôle grandissant dans la promotion de la santé et de la sécurité au travail (Mining Magazine, 2020, p. 11), il serait pertinent d'augmenter l'attractivité de la formation minière chez les jeunes générations, notamment en procédant à un virage numérique planifié qui cible et propose des réponses aux besoins variés en rapport avec le numérique dans les programmes, les établissements d'enseignement et le système éducatif au Québec. Une étape préliminaire à cette planification est le **diagnostic numérique**.

Le **tableau 1** présente un récapitulatif des limites des initiatives en place et des trois enjeux majeurs liés au numérique en formation minière au Québec. **C'est pour pallier ces différentes limites et faire face à ces enjeux que l'Institut national des mines a élaboré un nouvel outil qui permet de poser un diagnostic numérique des programmes d'études et de formation**, voire des établissements d'enseignement. Premier jalon vers une transformation numérique holistique, cet outil a été validé sur deux programmes d'études collégiales et professionnelles de la formation minière au Québec.

Tableau 1 Récapitulatif des limites des initiatives actuellement en place, des enjeux majeurs liés au virage numérique 4.0 et proposition de l'Institut national des mines (schéma)



PRÉSENTATION ET MISE EN ŒUVRE DU DIAGNOSTIC

Les informations dans ce chapitre proviennent principalement du rapport de l'étude effectuée par l'Institut national des mines visant l'élaboration d'un outil de diagnostic numérique des programmes d'études et de formation (Institut national des mines, 2021a).

Alors que le diagnostic 4.0 des entreprises est bien connu (Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2019), il n'en existe pas pour les programmes d'études, les établissements d'enseignement ou le système éducatif à notre connaissance. De plus, le diagnostic numérique ne faisait pas partie des tendances mondiales dans l'intégration du numérique par les systèmes éducatifs (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018, p. 15). Cet outil est donc une première en éducation que le Québec pourrait éventuellement exporter. Il part du simple fait qu'avec la diversité des possibilités et les horizons variés qu'ouvre le numérique, il est primordial de bien connaître l'état actuel des lieux afin de mieux définir la destination et d'élaborer un plan d'action concret permettant d'y arriver.

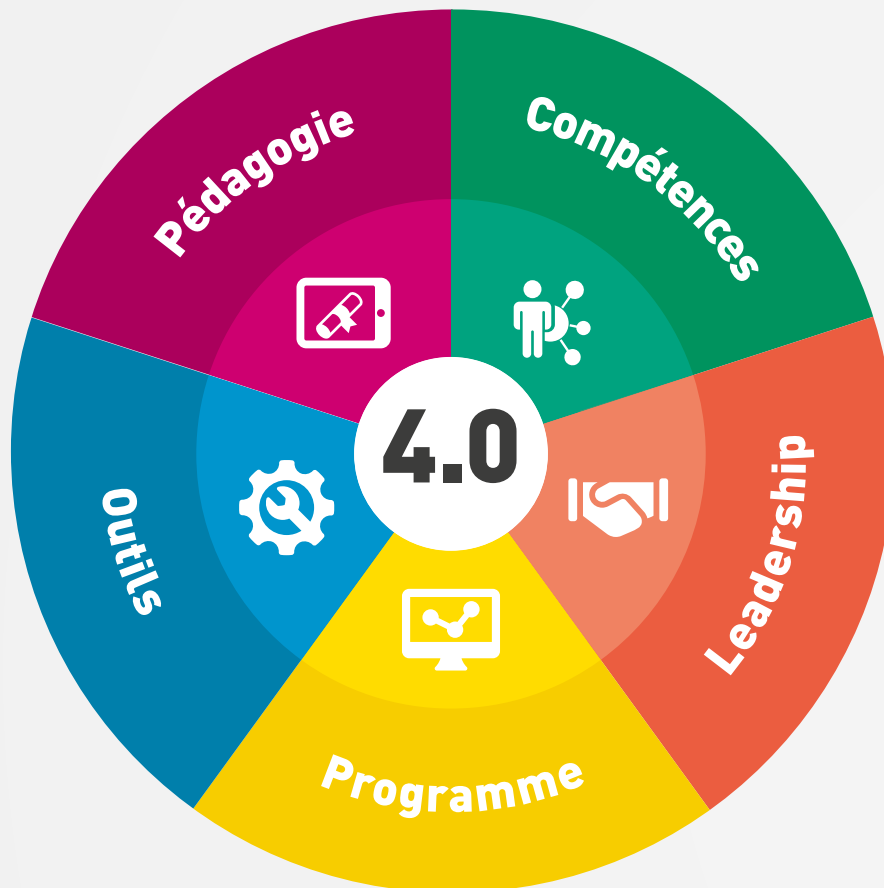
Les axes de base de l'outil de diagnostic

L'outil de diagnostic se décline en cinq grands axes schématisés sur la **figure 2**. Il s'agit du programme d'études (*programme 4.0*), des ressources technologiques (*outils 4.0*), des modes d'enseignement liés au numérique (*pédagogie 4.0*), des compétences numériques développées (*compétences 4.0*) et de la stratégie en lien avec le numérique mise en place par les directions (*leadership 4.0*) (Nana, 2021). Ces cinq axes sont les paramètres de base indispensables à évaluer pour obtenir une vue d'ensemble assez réaliste du programme d'études diagnostiqué à la lumière de la 4^e révolution industrielle, et ce, tout en gardant à l'esprit que l'humain, et surtout la personne apprenante, doit rester au cœur du virage numérique.

À travers ces cinq axes, l'outil proposé prend en considération les acteurs de premier plan dans l'acte d'enseignement, sans toutefois négliger les autres acteurs et paramètres de l'écosystème éducatif (Lafontaine et Simon, 2008; Landry et Richard, 2002).

Le diagnostic numérique est une première en éducation que le Québec pourrait éventuellement exporter. Il part du simple fait qu'avec les horizons variés qu'ouvre le numérique, il est primordial de bien connaître l'état des lieux actuel pour mieux définir la destination ainsi que le plan pour y arriver.

Figure 2 Les cinq axes de l'outil de diagnostic



Axe 1: le programme 4.0

Cet axe analyse le contenu⁵ du programme, par exemple en y relevant les occurrences ou les co-occurrences des outils et des compétences numériques dans le but d'examiner la prise en compte du numérique et des concepts de révolution industrielle 4.0 dans le programme. Pour ce faire, une technique d'analyse qualitative, comparable à celle utilisée dans les travaux de Lapointe et *al.*, (2012) et de Vanoutrive et *al.* (2012), a été utilisée, et ce, en ayant recours au logiciel d'analyse QDA Miner qui est développé par la compagnie québécoise Recherches Provalis basée à Montréal.

⁵ Le contenu fait référence aux données textuelles ou au descriptif du programme. Il est aussi appelé le devis ministériel.



Axe 2 : les outils 4.0

Cet axe cartographie les outils numériques, les technologies émergentes, les systèmes, les processus et les applications utilisés dans l'établissement, leur pertinence dans le contexte de l'industrie 4.0 ainsi que l'intensité de leur utilisation dans le programme d'études. Le questionnaire élaboré particulièrement pour cet axe a été rempli uniquement par le personnel de l'équipe informatique de chaque établissement.



Axe 3 : la pédagogie 4.0

Cet axe prend en considération la diversité des méthodes d'enseignement en rapport avec le numérique utilisées par le personnel enseignant et oriente les regards sur l'intégration des outils numériques, des technologies émergentes et des principes de l'industrie 4.0 dans l'enseignement. Un questionnaire destiné au personnel enseignant qui comprenait notamment une autoévaluation de son niveau de compétence a été conçu à cet effet.



Axe 4 : les compétences 4.0

Cet axe met l'accent sur les compétences développées par la population étudiante en utilisant un questionnaire d'autoévaluation de la perception qu'ont les personnes apprenantes de leur niveau de compétence. À l'ère de l'industrie 4.0, la transition numérique des compétences est une évolution indispensable pour accéder et se maintenir en emploi dans des secteurs d'activité qui intègrent de plus en plus de technologies.



Axe 5 : le leadership 4.0

Cet axe fait état de la stratégie numérique de la direction du programme (voire de l'établissement). Cela est d'autant plus pertinent que les principes de l'industrie 4.0 rendent possible l'avènement de la « formation 4.0 », de l'« éducation 4.0 » et des établissements d'enseignement « intelligents », « numériques » ou « 4.0 ». Un questionnaire a également été élaboré exclusivement pour le personnel d'encadrement.

Application de l'outil sur deux programmes de formation minière

Pour valider cet outil, deux programmes d'études du secteur minier ont été diagnostiqués. Il s'agit du DEC en *Technologie minérale* (271.A0), ci-après le TM, et du DEP en *Conduite de machinerie lourde en voirie forestière* (5273), ci-après le CMLVF. Les personnes diplômées de ces deux programmes comptent parmi celles qui seront les plus recherchées dans le secteur minier au Québec d'ici 2023 (CSMO Mines, 2020a). C'est une des raisons pour lesquelles ces programmes ont été choisis. De plus, la validation de l'outil a été effectuée sur des programmes de la formation professionnelle et de l'enseignement collégial parce que les personnes diplômées de ces deux ordres d'enseignement occupent non seulement la plupart des postes vulnérables à la révolution transformationnelle 4.0 (CSMO Mines, 2020b, 2020a; Gresch, 2020), mais représentent également la majorité (78 %) de la main-d'œuvre du secteur minier (CSMO Mines, 2020b). Pour ce faire, tous les établissements d'enseignement du Québec offrant lesdits programmes, soit six centres de formation professionnelle et trois cégeps (CSMO Mines, 2017), ont participé à cette étude. La grille d'analyse du diagnostic a été élaborée durant l'automne 2019 et l'hiver 2020. Le questionnaire était disponible en ligne et prêt à être rempli à partir du 19 août 2020. La collecte de données a été réalisée du 19 août au 21 septembre 2020 inclusivement, et ce, avec une collaboration significative des membres de la communauté éducative des établissements d'enseignement participants auprès desquels le projet a trouvé un vibrant écho. Ceux-ci n'ont pas ménagé d'efforts pour le bon déroulement du projet malgré les circonstances de la rentrée scolaire en contexte pandémique.

Essentiel des résultats

Une des premières questions posées à toutes les personnes participantes visait à savoir «à quoi renvoie le terme "industrie 4.0"» selon elles. À la lumière des réponses fournies dans le **Tableau 2**, il apparaît que bon nombre de personnes dans les établissements d'enseignement ne savent pas ce qu'est l'industrie 4.0 ou n'en ont jamais entendu parler. Ensuite, une grande majorité des personnes répondantes, en particulier 100 % du personnel T.I. du programme de formation professionnelle, ne considèrent pas l'industrie 4.0 comme une nouvelle révolution industrielle (pourcentages en **violet** en exposant). Finalement, il y a un nombre non négligeable de personnes qui circonscrivent l'industrie 4.0 à un regroupement de nouvelles technologies ou à l'automatisation de la production qui, rappelons-le et contrairement à certaines croyances populaires, découle de la précédente révolution industrielle (industrie 3.0). **Cela montre un**

besoin important d'information, de vulgarisation et de sensibilisation de la communauté éducative non seulement sur les principes sous-jacents à la 4^e révolution industrielle, mais en outre sur la transformation numérique entamée par les entreprises de plusieurs secteurs, y compris le secteur minier.

Par ailleurs, il apparaît également que, peu importe l'ordre d'enseignement, on retrouve ce même souci de former une main-d'œuvre numériquement compétente en filigrane de la volonté du personnel enseignant de suivre des formations inhérentes à une utilisation efficace et à une exploitation optimale du numérique.

Tableau 2 Définition de l'industrie 4.0 selon les personnes répondantes

	CMLVF (en %)				TM (en %)			
	T.I.	Ens.	Élèv.	Dir.	T.I.	Ens.	Étud.	Dir.
Regroupement des nouvelles technologies utilisées dans le secteur industriel	29	0	26	29	0	46	42	29
Une nouvelle révolution industrielle	0 ¹⁰⁰	33 ⁶⁷	3 ⁹⁷	14 ⁸⁶	67 ³³	21 ⁷⁹	14 ⁸⁶	57 ⁴³
Ensemble des technologies permettant d'enseigner et de travailler à distance	29	12	0	29	0	8	12	14
L'automatisation de la production connectée en 4G	0	22	7	28	0	25	2	0
Je ne sais pas ou je n'en ai jamais entendu parler	42	33	64	0	33	0	30	0

Question : À quoi renvoie le terme «industrie 4.0» selon vous?

CMLVF: Conduite de machinerie lourde en voirie forestière; **TM**: Technologie minière.

T.I.: Technicien informatique ou membre de l'équipe informatique; **Ens.**: Enseignante et enseignant;

Élèv.: Élèves; **Étud.**: Étudiantes et étudiants; **Dir.**: Direction et membre du personnel d'encadrement.

Résultats de l'axe 1: le programme 4.0



À la suite de l'analyse du contenu des deux programmes, il apparaît qu'aucun sous-thème lié aux «outils numériques» et aux «technologies émergentes» n'a d'occurrence dans le programme d'études professionnelles et qu'il y a un très faible pourcentage des occurrences des familles de compétences numériques dans les deux programmes, mais particulièrement dans le programme d'études professionnelles.

Résultats de l'axe 2: les outils 4.0



La cartographie des outils numériques et des technologies émergentes a permis de constater que les principaux outils disponibles dans chacun des programmes sont les agendas électroniques, les outils de webconférence (comme Skype, Zoom, etc.), les logiciels et les outils en ligne (comme Moodle, ExamStudio, Office 365, etc.), que les principales technologies utilisées sont l'infonuagique et la réalité virtuelle, augmentée ou mixte, et que plusieurs opérations et processus sont encore effectués sur du support papier.

Résultats des axes 3 et 4: la pédagogie et les compétences 4.0



À partir d'une échelle à quatre niveaux allant de 1.0 à 4.0, avec le niveau 1.0 comme *débutant* (familiarisation - initiation aux rudiments techniques du numérique et des technologies), le niveau 2.0 comme *intermédiaire* (exploration - découverte des différentes possibilités d'utilisation du numérique et des technologies), le niveau 3.0 comme *avancé* (imprégnation - utilisation adéquate du numérique et des technologies) et le niveau 4.0 comme *expert* (appropriation - maîtrise du numérique et des technologies, ainsi que des limites des outils, le cas échéant), le personnel enseignant et les personnes apprenantes ont autoévalué leur niveau de compétences suivant le même référentiel de compétences. Les réponses sont regroupées dans le [Tableau 3](#).

Ce tableau est une mine d'informations. Il met en exergue la perception des niveaux de compétences du personnel enseignant et des personnes apprenantes. De la sorte, il peut orienter les scénarios pédagogiques et les actes d'enseignement (pour les personnes apprenantes), et cibler les formations adaptées (pour le personnel enseignant) de manière à permettre le développement des compétences manquantes désirées. Ensuite, il montre que les étudiants estiment avoir un niveau de compétences numériques supérieur à celui de leurs enseignants (voir les scores globaux), ce qui était prévisible étant donné la démocratisation et l'accessibilité du numérique de nos jours. Enfin, il nous renseigne sur le fait que les besoins par établissement et surtout par programme sont dissemblables, et donc requièrent des solutions distinctes appropriées à la réalité et au contexte de chacun. Ce dernier constat confirme l'importance d'effectuer un diagnostic numérique. En outre, il est important de relever que **le référentiel de compétences utilisé provient d'une corrélation principalement du Cadre de référence des compétences à l'ère du numérique dans le secteur minier, qui est le résultat des travaux d'un comité de spécialistes qui œuvrent dans le secteur minier et qui a été validé par les acteurs de l'industrie minière du Québec (Institut national des mines, 2019a), et du Cadre de référence de la compétence numérique du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (2019).**

Tableau 3 Autoévaluation des compétences numériques du personnel enseignant, des élèves et de la population étudiante

FAMILLES DE COMPÉTENCES	CMLVF (score/4.0)		TM (score/4.0)	
	Élèv.	Ens.	Étud.	Ens.
Communiquer Comprendre Valider Transmettre	1.9	2.0	2.5	2.3
Collaborer Partager ses connaissances Faire appel aux autres Leadership positif Ouverture	2.2	2.0	2.5	2.3
Analyser et solutionner Traiter et interpréter Trouver des solutions Juger et prendre des décisions Formuler des recommandations	2.0	1.6	2.4	2.1
Utiliser Déterminer les outils pertinents Maîtriser l'usage des outils Opérer des appareils à distance Entretien des équipements numériques	2.0	1.8	2.6	2.1
Protéger Utiliser de façon adéquate et sécuritaire Protéger les données personnelles et corporatives Adopter des comportements virtuels appropriés Gérer les risques	2.5	1.4	2.8	1.8
Apprendre Acquérir des connaissances de façon autonome Savoir apprendre à distance et en mode virtuel S'adapter aux changements Améliorer les pratiques (innovation)	2.2	2.0	2.5	2.2
Chercher Chercher de l'information Développer une stratégie de recherche Structurer ses recherches	2.1	1.6	2.4	2.2
Produire Connaître les fichiers et produire du contenu numérique Manipuler les outils numériques pour produire du contenu Sélectionner les outils adaptés au contenu à produire	2.1	1.8	2.7	2.6
Surcharge cognitive	2.1	1.9	2.6	2.5
SCORE GLOBAL	2.1	1.8	2.5	2.2

CMLVF: Conduite de machinerie lourde en voirie forestière; **TM**: Technologie minérale.

Ens.: Enseignante et enseignant; **Étud.**: Étudiantes et étudiants.

Résultats de l'Axe 5: Le leadership 4.0



Selon le personnel d'encadrement, les modes d'enseignement, les compétences du personnel et les emplois sont les éléments qui seront les plus influencés par le numérique dans les trois prochaines années. Celui-ci ne semble pas encore considérer que la transformation numérique 4.0 affectera les processus de l'établissement ainsi que les méthodes de gestion et de gouvernance. Toujours selon le personnel d'encadrement, les principaux freins à lever pour faciliter l'intégration du numérique dans les programmes et plus globalement dans l'établissement sont le manque de compétences numériques du personnel et le manque de ressources financières pour le programme d'études professionnelles, puis la résistance aux changements et le manque d'accessibilité aux ressources externes spécialisées pour le programme d'études collégiales. En outre, de concert avec le personnel enseignant, le personnel d'encadrement a indiqué qu'il était favorable à l'intégration des concepts de la 4^e révolution industrielle lors de la prochaine révision des programmes et qu'il portera également un grand intérêt à la cybersécurité.

Principaux constats

Plusieurs faits saillants découlent de cette recherche. Le rapport de recherche (Institut national des mines, 2021a) les a présentés ainsi :

- **L'importance d'effectuer un diagnostic numérique 4.0 afin de planifier adéquatement la transition non seulement d'un programme, d'une offre de formation et des ressources** (humaines, matérielles, financières, etc.), **mais également des stratégies de gestion, de la gouvernance, ainsi que de l'interopérabilité numérique entre les ordres d'enseignement.** Alors que s'accroissent l'enseignement et le travail à distance, que les divers horizons de l'intelligence artificielle sont progressivement apprivoisés, que la numérisation des postes de travail et l'automatisation des processus ne cesseront de s'intensifier, que les emplois « du futur » arriveront à l'avance, car les compétences « de demain » sont désormais nécessaires aujourd'hui notamment en raison de la pandémie, que diverses sommes sont actuellement investies dans le numérique, que prendre un tournant 4.0 sans stratégie ou planification pourrait annihiler les bénéfices attendus de cette transformation, et que le fait d'offrir un cours à distance ou de s'équiper de la plus fine des technologies ne rend pas une formation ni un établissement 4.0, le diagnostic numérique 4.0 devient crucial. Effectivement, il permet d'envisager le virage 4.0 de manière holistique et de s'affranchir de certains obstacles au numérique qui existaient avant la pandémie, comme une prise en compte non optimale des

réalités du personnel et une formation et un accompagnement non adaptés aux besoins (Conseil supérieur de l'éducation, 2020, p. 46), ainsi que de l'une des faiblesses du Plan d'action numérique qui «*serait trop centré sur la réalité actuelle*» et «*ne concourrait pas à l'adhésion du personnel enseignant*» (Couture, Hugo, 2020, p. 22).

- **La nécessité de développer les compétences numériques des personnes apprenantes, mais aussi celles de tous les membres de la communauté éducative, notamment les gestionnaires ainsi que les personnes qui occupent les métiers et les professions de l'éducation et de la formation.** Ce besoin est en trame de fond de tous les axes et interpelle le milieu éducatif sur l'accessibilité (notamment en termes de finance, de typologie, de personnalisation, de qualité des outils et de temps) aux formations en lien avec le numérique et les technologies émergentes, sur la vulgarisation des concepts technologiques qui peuvent sembler complexes, sur la sensibilisation aux principes de la 4^e révolution industrielle, ainsi que sur l'importance des mesures d'accompagnement du personnel dans la gestion de ce changement hâtée par la crise sanitaire. En outre, il serait important de garder à l'esprit qu'il ne s'agira plus de formations ponctuelles, mais bien de formation tout au long de la vie.
- **Le besoin d'une plus grande agilité dans les processus de révision ou d'actualisation des programmes.** La vitesse de mise à jour des programmes d'études ne saurait vibrer au même diapason que la fulgurante vitesse d'évolution des nouvelles technologies, mais cette dernière, et en particulier la vitesse d'intégration des technologies dans l'industrie, invite le milieu éducatif à avoir une réflexion sur les moyens, comme cet outil de diagnostic, qui permettent d'accroître l'agilité du processus de développement ou d'actualisation des programmes. C'est ce qu'effectuent actuellement certains pays comme l'Australie (Zhou, 2021).
- **La place importante à accorder à l'humain, notamment à la valeur ajoutée pour l'humain et à la gestion du changement, dans le processus de transformation 4.0 d'un cours, d'un programme, d'un établissement et, plus globalement du système éducatif.** En effet, lorsqu'on parle d'activités pédagogiques, cela sous-entend une diversité d'interactions humaines. Les outils et les technologies les plus sophistiqués et même les plus novateurs ne sont pas forcément les plus riches en pédagogie d'une part, et d'autre part ne remplacent pas la créativité et l'expérience humaines ni l'apport des dynamiques sociales et l'influence des facteurs contextuels de l'environnement d'apprentissage sur des aspects comme l'attention, la persévérance, la discipline ou la motivation. Les ressources technologiques sont donc un moyen (et non une finalité) d'atteindre des objectifs qui doivent être fédérés autour de la personne apprenante, de l'humain.

Dix bénéfices potentiels du diagnostic numérique 4.0

Voici un éventail non exhaustif de dix avantages potentiels inhérents au recours au diagnostic numérique en éducation. L'outil permet effectivement ce qui suit :



COHÉRENCE DE L'OUTIL AVEC LES ACTIONS GOUVERNEMENTALES

Cette partie présente la concordance entre l'outil de diagnostic proposé et les différentes actions entreprises par le gouvernement du Québec.

Le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur 2018-2023

Au regard de la vision du Plan d'action numérique (PAN) en éducation et en enseignement supérieur 2018-2023, qui est « *une intégration efficace et une exploitation optimale du numérique au service de la réussite de toutes les personnes, qui leur permettent de développer et de maintenir leurs compétences tout au long de leur vie* » (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018, p. 9), il apparaît que le diagnostic numérique 4.0 proposé s'inscrit parfaitement dans le processus de mise en œuvre dudit plan. De manière pratique, **l'outil peut contribuer à l'atteinte des objectifs 1.2 et 1.3 de l'orientation 1, des objectifs 2.2 et 2.3 de l'orientation 2, ainsi que des objectifs 3.2 et 3.3 de l'orientation 3 du Plan d'action numérique.**

De fait, le plan se structure autour de 8 axes, chaque axe comprend plusieurs objectifs pour un total de 9 objectifs, et chaque objectif comprend diverses mesures pour un total de 33 mesures. L'outil de diagnostic numérique 4.0, dans ses axes 2, 4 et 5, permet de déterminer les compétences à développer ainsi que les besoins en formation des différentes catégories de personnel, y compris le personnel enseignant et les directions. D'autre part, il sensibilise la communauté éducative à la réalité du virage 4.0 de l'industrie et détermine les besoins en ressources technologiques. De la sorte, l'outil « *favorise la formation continue du personnel enseignant, professionnel et de soutien en matière* » ►

de pédagogie numérique» et met en valeur «les pratiques pédagogiques innovantes et le potentiel du numérique en contexte éducatif» tout en soutenant «les établissements pour le développement de l'offre de formation continue et de perfectionnement des personnes en matière de compétences numériques» (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018, p. 31-36). Cela correspond à la mesure 05 de l'objectif 1.2 et aux mesures 08 et 10 de l'objectif 1.3 respectivement. De plus, avec le potentiel de brosser un portrait (état des lieux) numérique des établissements d'enseignement du Québec, l'outil donne un moyen de faire ressortir les besoins communs à plusieurs établissements en fonction des ordres d'enseignement en vue de mutualiser les efforts et les moyens. Cela permet non seulement de «mutualiser les ressources et les services pour en optimiser l'accès et en favoriser le partage» comme le vise l'objectif 2.2, mais également de «[favoriser] le déploiement de l'offre de formation à distance en fonction des besoins des différents ordres d'enseignement» comme le précise l'objectif 2.3 (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018, p. 42, 46). Enfin, avec son axe 5 consacré au leadership numérique et l'axe 2 qui fait la cartographie des ressources technologiques disponibles, le diagnostic proposé par l'Institut national des mines prend en considération la réalité variable des établissements d'enseignement pour mieux «instaurer une gouvernance propice au déploiement du numérique» et «soutenir l'acquisition d'équipement numérique à des fins pédagogiques dans les établissements», ce qui correspond aux mesures 26 et 29 des objectifs 3.2 et 3.3 respectivement (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018, p. 56-63).

Le Plan pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025

«Le gouvernement du Québec considère les minéraux critiques comme ceux qui revêtent aujourd'hui une importance économique pour des secteurs clés de notre économie, qui présentent un risque élevé en matière d'approvisionnement et qui n'ont pas de substituts offerts commercialement» (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2020). La demande des minéraux critiques et stratégiques (MCS) deviendra encore plus forte si on considère le virage vers une économie faible en carbone et la priorité accordée à l'électrification dans le Plan pour une économie verte 2030 (Gouvernement du Québec, 2020b). Le plan comprend quatre orientations; chaque orientation comporte un certain nombre d'objectifs pour un total de 11 objectifs, qui à leur tour présentent plusieurs actions à mener pour un total de 22 actions. L'outil de diagnostic pourrait contribuer à l'atteinte de l'objectif 2.4 de l'orientation 2 dudit plan.

L'orientation 2 vise à «mettre en place ou optimiser des filières de façon intégrée en partenariat avec les régions productrices de MCS». Elle comporte quatre objectifs, dont l'objectif 2.4 qui veut «stimuler l'implantation dans les sociétés minières du Québec d'initiatives structurantes en intelligence artificielle» et dont l'action principale est de «soutenir la programmation de Mission Mines Autonomes 2030 pour une transition vers la mine 4.0» (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2020, p. 33). La Mission Mines Autonomes (MMA) est gérée par le groupe MISA, qui est l'acronyme de Mines, Innovations, Solutions, Applications, et qui est le pôle d'excellence en exploration et exploitation minière au Québec. La vision prospective de ce projet à l'horizon 2030 est la transition des entreprises minières au Québec vers la mine 4.0, notamment en intensifiant l'automatisation et l'utilisation de l'intelligence artificielle dans des opérations minières qui seront gérées par des centres de contrôle à distance situés à la surface. **Ayant participé aux travaux qui ont conduit à l'élaboration de la programmation MMA 2030, l'Institut national des mines a contribué à la réflexion sur l'expertise et les compétences à développer par le personnel minier afin de faire du Québec un chef de file en opération minière à distance à l'horizon 2030.** Un des obstacles à la transition vers la mine 4.0 qui ressortait des travaux est la pénurie de compétences numériques appropriées. Les discussions sur ce sujet convergeaient vers les constats qui ont déjà été mentionnés dans la première partie de cet **avis**. Il s'agit en l'occurrence du fait que les habiletés cognitives et collaboratives vont devenir plus importantes, que les opérateurs actuels auront à se requalifier ou à rehausser leurs compétences pour assumer de nouvelles tâches fortement empreintes de technologie, et qu'une modification des programmes d'études et de formation continue, au même titre que la conception de nouveaux programmes, forment un levier vers la mine 4.0. L'outil de diagnostic, en faisant le portrait numérique des programmes actuels pour mieux déterminer les modifications à apporter et en aidant au développement de nouveaux programmes dans une perspective numérique, est donc propice à la réalisation de la vision MMA 2030.

Le Plan d'action pour la main-d'œuvre 2018-2023

Le Plan d'action pour la main-d'œuvre comprend quatre orientations: (1) «intégrer le plus grand nombre de personnes au marché du travail», (2) «adapter la main-d'œuvre actuelle», (3) «préparer la main-d'œuvre future» et (4) «accroître la productivité des entreprises» (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2019). L'un des objectifs de l'orientation 2 est d'«augmenter le nombre de participations à des formations visant le développement des compétences numériques» et le moyen d'intervention que se donne le ministère est de «soutenir le développement d'une offre de formation continue accessible». De manière analogue, «mettre en place un processus agile ►

en matière de développement et d'ajustement des programmes d'études professionnelles et techniques» est l'un des objectifs de l'orientation 3 et ses moyens d'intervention comprennent «améliorer la flexibilité et l'agilité dans le développement des compétences» et «assouplir la gestion de l'offre de formation et l'adapter aux réalités des régions» (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2019).

Ces orientations et les moyens d'intervention mis en œuvre pour atteindre les objectifs de ce plan concordent avec les possibilités offertes par le diagnostic numérique 4.0. À cet égard, **dans son axe 4, l'outil de diagnostic détermine de manière plus précise les compétences numériques manquantes ou à améliorer chez les personnes apprenantes.** De cette façon, il fournit des pistes claires permettant non seulement au personnel d'enseignement d'orienter les scénarios d'apprentissage de manière correspondante, mais également au personnel d'encadrement de mieux cibler les outils technologiques que pourrait acquérir l'établissement d'enseignement. L'outil a été testé sur des programmes d'études techniques et professionnels et est, dans son état actuel, valide pour augmenter l'agilité dans le processus d'actualisation des programmes et le développement de nouveaux programmes dans une perspective d'intégration du numérique. De plus, l'outil de diagnostic joue également un rôle de déclencheur d'un virage numérique adapté à la réalité de chaque programme et de chaque établissement. Il pourrait compter parmi les moyens «pour accélérer la requalification des travailleuses et travailleurs et le rehaussement de leurs compétences de manière qu'ils accroissent leur productivité et que les emplois qu'ils occuperont répondent à leurs aspirations» (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2020).

La Stratégie de transformation numérique gouvernementale 2019-2023

L'outil de diagnostic numérique 4.0 proposé peut soutenir deux des six vecteurs d'accélération de la transformation numérique définis dans la stratégie de transformation numérique gouvernementale qui sont: (1) gouvernance numérique, (2) culture et compétences numériques, (3) innovation numérique, (4) écosystème numérique, (5) architecture, gestion et sécurité de l'information, et (6) performance numérique» (Conseil du trésor, 2020, p. 19).

En effet, le vecteur «culture et compétences numériques» comprend l'«adoption des pratiques numériques» et le «développement des compétences numériques» comme orientations principales, tandis que celui de l'«innovation numérique» comprend comme unique orientation le «recours à l'intelligence artificielle» (Conseil du trésor,

2020, p. 21-23). À la lumière des deux orientations du premier vecteur, plusieurs questions peuvent se poser. Comment déterminer les compétences numériques à développer par chaque catégorie de personnel? Quels sont les besoins tangibles des organisations auxquels le numérique répondrait? À quels enjeux liés à l'intégration du numérique dans leurs activités et services ou à l'adoption de pratiques numériques les organisations font-elles face? Voilà un éventail de questions qui peuvent influencer la culture et les compétences numériques dans une organisation. Dans la même veine, où une organisation est-elle le moins efficace (exemple des tâches qui nécessitent des saisies manuelles)? Quels processus et tâches génèrent beaucoup de données à l'organisation? Est-ce que les outils numériques en place sont utilisés de manière optimale? Quels objectifs numériques, surtout en termes de rendement, d'efficacité opérationnelle et d'amélioration de la qualité du service, l'organisation souhaite-t-elle atteindre avec l'utilisation du numérique? Ce sont d'autres questions auxquelles il faut répondre idéalement avant de recourir à l'intelligence artificielle qui, comme cela est bien connu, demande d'avoir une grande quantité de données.

Les organisations gagneraient donc à effectuer leur diagnostic numérique 4.0 afin de mieux envisager leur transformation numérique. De façon semblable au diagnostic proposé dans cet [avis](#), un diagnostic numérique 4.0 des organisations permettrait notamment d'obtenir un état de situation numérique, d'identifier les processus qui ne sont pas optimaux, de déterminer les compétences numériques à développer par le personnel ainsi que les enjeux auxquels font face les gestionnaires. Ce diagnostic permettrait de mettre en œuvre des initiatives suivant une feuille de route numérique établie en considérant non seulement les éléments communs, mais aussi les paramètres qui distinguent chaque organisation pour tenir compte de la réalité intrinsèque de chacune d'elles.

Ainsi, force est de constater que l'outil de diagnostic numérique 4.0 proposé par l'Institut national des mines s'inscrit en soutien à plusieurs actions qui sont déjà en cours et peut contribuer de manière tangible à l'avancement de certaines d'entre elles. Il s'agit du Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018), du Plan pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2020), du Plan d'action pour la main-d'œuvre (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2019) et de la Stratégie de transformation numérique gouvernementale (Conseil du trésor, 2020).

RECOMMANDATION

Attendu que l'industrie minière a entrepris son virage numérique 4.0 depuis maintenant quelques années;

Attendu que doter les membres du personnel actuel et futur de compétences du 21^e siècle est une clé de réussite du virage transformationnel 4.0;

Attendu qu'il est nécessaire non seulement d'actualiser les programmes d'études, mais aussi d'augmenter l'agilité du processus de révision des programmes pour les arrimer à la réalité du secteur minier et du marché de l'emploi, en plus de les adapter aux changements perpétuels découlant de la 4^e révolution industrielle;

Attendu que les établissements de tous les ordres d'enseignement doivent effectuer un virage numérique 4.0 pour s'adapter, innover et continuer de remplir adéquatement leur mission à l'ère numérique;

Attendu qu'il est important d'élaborer une feuille de route vers le numérique qui permet de mutualiser les moyens et les efforts tout en prenant en compte la réalité de chaque établissement;

Attendu que le virage numérique de l'éducation doit être envisagé de manière holistique, bien au-delà de l'unique intégration du numérique en éducation;

Attendu que l'Institut national des mines a conçu un outil de diagnostic numérique 4.0 holistique, adaptable, transférable et qui offre de multiples possibilités d'utilisation;

Attendu que l'outil de diagnostic numérique 4.0 proposé est cohérent avec les orientations 1, 2 et 3 du Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur 2018-2023, avec la transition vers la mine 4.0 du Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025, avec les orientations 2 et 3 du Plan d'action pour la main-d'œuvre 2018-2023 et avec les deux vecteurs d'accélération de la transformation numérique définis dans la Stratégie de transformation numérique gouvernementale 2019-2023;

L'Institut national des mines met à la disposition des ministres de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur cet outil de diagnostic numérique 4.0. L'Institut recommande qu'avec son soutien, les ministres déploient l'outil dans le processus de révision des programmes d'études, ainsi que dans les établissements d'enseignement volontaires. Ce déploiement dans les établissements d'enseignement permettra notamment de mieux déterminer les besoins en formation relative au numérique des différentes catégories de personnel et, par la suite, d'offrir à ce personnel les formations adaptées au développement et au rehaussement de leurs compétences numériques.

CONCLUSION

Le présent **avis** déposé aux ministres de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur s'appuie sur les résultats de projets de recherche effectués par l'Institut national des mines auprès des entreprises minières, d'une part, et des établissements d'enseignement, d'autre part. Partant de la réalité du secteur minier au Québec, il présente l'outil conçu par l'Institut qui offre le moyen d'effectuer un diagnostic numérique 4.0 des programmes d'études et de formation, et recense une dizaine d'avantages potentiels inhérents à l'utilisation de cet outil, qui est une première à notre connaissance. Il suggère aux ministres de déployer cet outil de diagnostic dans les programmes d'études et les établissements d'enseignement du Québec. En considérant que «*l'accélération de la transformation numérique des entreprises (automatisation, numérisation, robotisation) et du développement des compétences de la main-d'œuvre est nécessaire pour assurer la prospérité de la population québécoise*» (Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale, 2020), qu'«*une main-d'œuvre qualifiée et en nombre suffisant pour occuper les emplois dans le secteur des MCS⁶ [constitue] l'une des conditions de réussite du Plan dans un contexte de changements technologiques majeurs*» (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2020) et que «*c'est par l'éducation en tout premier lieu que le Québec pourra se développer en tant que société numérique inclusive, équitable et innovante ainsi que devenir un leader mondial dans le domaine du numérique*» (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018), l'outil proposé dans cet **avis** fournit un moyen simple et concret qui concorde avec les orientations de plusieurs actions gouvernementales entreprises par trois ministères représentés sur le conseil d'administration de l'Institut. Cet outil pose également le premier jalon dans la perspective du virage numérique du système éducatif. Il peut contribuer à la réflexion sur une vision 2030 de l'éducation au Québec, qui passe notamment par un diagnostic numérique ainsi que par la concertation et la collaboration des acteurs de premier plan du système éducatif au Québec.

⁶ MCS : minéraux critiques et stratégiques.

En terminant, à la lumière de la nécessité pour toutes les Québécoises et tous les Québécois de développer les compétences du 21^e siècle pour s'épanouir dans une société à travers laquelle l'usage du numérique ne cessera de s'intensifier, il est possible d'adapter le diagnostic numérique proposé à d'autres secteurs d'activité et de l'appliquer aux établissements de tous les ordres d'enseignement. Bien que provenant du secteur minier, la réflexion en filigrane de cet avis reste pertinente pour les autres secteurs, et ce, pour que la population québécoise soit la mieux formée au monde. **Le virage numérique est un processus concret et réalisable qui se planifie. Une façon appropriée d'entreprendre cette transformation est de commencer par un diagnostic.**

RÉFÉRENCES

Brunel International, et Oilandgasjobsearch.com. (2021). *Energy outlook. Report 2021* (p. 36).
<https://www.brunel.net/en/energy-outlook-report-2021>

Conseil du trésor. (2020). *Stratégie de transformation numérique gouvernementale 2019-2023*.
https://www.tresor.gouv.qc.ca/fileadmin/PDF/ressources_informatiionnelles/Strategie_TNG.pdf

Conseil supérieur de l'éducation. (2019). *Les réussites, les enjeux et les défis en matière de formation universitaire au Québec. Avis au ministre de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur*.
<https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2019/12/50-0521-avis-reussites-enjeux-defis-universitaire.pdf>

Conseil supérieur de l'éducation. (2020). *Éduquer au numérique. Rapport sur l'état et les besoins de l'éducation 2018-2020*. Le Conseil. https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/12/50-0534-RF-eduquer-au-numerique-web_1.pdf

Couture, Hugo. (2020). *Discours, imaginaires et représentations sociales du numérique en éducation. Document préparatoire pour le Rapport sur l'état et les besoins de l'éducation 2018-2020. Études et recherches*. Conseil supérieur de l'éducation. Gouvernement du Québec.
<https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/05/50-2109-ER-Rep-sociales-numerique-en-education-1.pdf>

CSMO Mines. (2017). *Guide des carrières de l'industrie minière*.
Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie des mines. https://exploreslesmines.com/images/Guide_des_carrier%C3%A8res_de_lindustrie_mini%C3%A8re_VF.pdf

CSMO Mines. (2020a). *Diagnostic sectoriel de l'industrie minière du Québec*. Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie des mines. https://exploreslesmines.com/images/pdf/Section_corporative/Publications/Etudes_sectorielles/Diagnostic_sectoriel_VF_INTERACTIVE_PDF.pdf

CSMO Mines. (2020b). *Estimation des besoins de main-d'oeuvre du secteur minier au Québec 2019-2023 avec tendances 2028*. Comité sectoriel de main-d'oeuvre de l'industrie des mines.
https://www.exploreslesmines.com/images/pdf/Section_corporative/Publications/Etudes_sectorielles/EBMO_final.pdf

Deloitte. (2019). *Tracking the trends 2019 : The top 10 issues transforming the future of mining*.
<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/energy-and-resources/articles/tracking-the-trends.html>

Forum économique mondial. (2017). *Digital Transformation Initiative Mining and Metals Industry*. <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/wef-dti-mining-and-metals-white-paper.pdf>

Forum économique mondial. (2020). *The future of jobs*.
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf

Gaudreau, H., et Lemieux, M.-M. (2020). *L'intelligence artificielle en éducation : Un aperçu des possibilités et des enjeux*. Études et recherches, Québec, Conseil supérieur de l'éducation, 26 p.
<https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/11/50-2113-ER-intelligence-artificielle-en-education-2.pdf>

Gouvernement du Québec. (2020a). *Plan pour une économie verte 2030*. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/plan-economie-verte/bref.htm>

Gouvernement du Québec. (2020b). *Plan pour une économie verte 2030. Politique-cadre d'électrification et de lutte contre les changements climatiques*. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/environnement/publications-adm/plan-economie-verte/plan-economie-verte-2030.pdf?1605540555>

Gravelle, F., Diakhate, D., Frigon, N., et Monette, J. (2019). *Gestion des établissements d'enseignement à l'ère de l'implantation du numérique*. Réseau d'enseignement francophone à distance du Canada (REFAD). <https://eduq.info/xmlui/bitstream/handle/11515/37735/gravelle-gestion-e%CC%81tablissements-enseignement-e%CC%80re-implantation-nume%CC%81rique-refad-2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Gresch, D. (2020). *L'adaptation à l'automatisation. Jusqu'où le marché du travail canadien peut-il s'adapter?* Ottawa, Conference Board du Canada. https://www.conferenceboard.ca/e-library/abstract.aspx?did=10632&utm_source=elibraryrss&utm_medium=rss&utm_campaign=elibrary

Institut national des mines. (2018a). *Mémoire sur la formation professionnelle*. Présenté au ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Avis/INMQ_MEMOIRE_REFLEXION_FORMATION_PROFESSIONNELLE_2018.pdf

Institut national des mines. (2018b). *Transformation numérique et compétences du 21e siècle pour la prospérité du Québec. Exemple de l'industrie minière*. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_Transformation_numerique_complet.pdf

Institut national des mines. (2019a). *Cadre de référence des compétences à l'ère du numérique dans le secteur minier*. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/Cadre_references_metiers/INMQ_Cadre_reference_competence_ere_numerique.pdf

Institut national des mines. (2019b). *Déployer de nouveaux outils de simulation pour la formation menant au secteur minier dans les établissements publics d'enseignement professionnel, collégial et universitaire*. Présenté au ministre de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. Avis au ministre. https://inmq.gouv.qc.ca/publication/243/Avis_ministre_outils_simulation

Institut national des mines. (2019c). *Portrait des simulateurs d'engins miniers en formation minière présents dans les centres de formation professionnelle, les cégeps et les entreprises du secteur minier au Québec*. Collecte de données. Études et rapports. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ_Rapport_simulateurs.pdf

Institut national des mines. (2019d). *Portrait numérique de l'industrie minière au Québec*. Études et rapports. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/inmq_portrait_numerique.pdf

Institut national des mines. (2021a). *Diagnostic numérique 4.0 d'un programme d'études ou de formation*. Application au secteur minier du Québec. Études et rapports. Sous presse (à paraître).

Institut national des mines. (2021b). *Portrait de la cybersécurité dans les programmes de formation professionnelle et les programmes d'études collégiales menant à l'exercice d'un métier ou d'une profession dans le secteur minier au Québec*. Études et rapports. Sous presse (à paraître).

Institut national des mines. (2021c). *Portrait de la formation dispensée par les entreprises minières à leur personnel. Analyse comparative 2013-2016-2019*. Études et rapports. Val-d'Or, 54 p.

Julien, N., et Martin, É. (2018). *L'usine du futur - Stratégies et déploiement. Industrie 4.0, de l'IoT aux jumeaux numériques*. Dunod.

Köhler, D., et Weisz, J.-D. (2016). Industrie 4.0 : Comment caractériser cette quatrième révolution industrielle et ses enjeux ? *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 4, 51-56.

Lafontaine, D., et Simon, M. (2008). Évaluation des systèmes éducatifs. *Mesure et évaluation en éducation*, 31(3), 95-123. <https://doi.org/10.7202/1024967ar>

Landry, R., et Richard, J.-F. (2002). La pédagogie de la maîtrise des apprentissages : Une invitation au dépassement de soi. *Éducation et francophonie*, 158-187.

Lapointe, P., Garon, R., Dembélé, M., et Tessier, C. (2012). Les plans stratégiques des commissions scolaires du Québec. Regard sur la mise en application d'un dispositif de régulation intermédiaire dans un système éducatif. *Mesure et évaluation en éducation*, 35(1), 1-26. <https://doi.org/10.7202/1024767ar>

Mastafi, M. (2015). Intégrer les TIC dans l'enseignement : Quelles compétences pour les enseignants? *Formation et profession*, 23(2), 29-48. <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2015.294>

Mining Magazine. (2020). Technology tools can change mining's Health and Safety record. Osisoft. <https://safetowork.com.au/wp-content/uploads/2020/09/White-paper-Health-and-Safety-in-mining-final.pdf>

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. (2016). *Plan d'action en économie numérique. Feuille de route Industrie 4.0*. https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/content/documents_soutien/gestion_entreprises/industrie_4_0/feuille_route_industrie_4_0.pdf

Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2019). ADN 4.0 - Autodiagnostic. *Institut technologique de maintenance industrielle (ITMI)*. <https://sondage.economie.gouv.qc.ca/index.php/159143?lang=fr#>

Ministère de l'Éducation. (2020a). *Projets retenus et financés à la suite de l'appel de projets d'innovation liés aux technologies numériques 2019-2020*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/Proj-retenus-15081-19-20.pdf

Ministère de l'Éducation. (2020b). *Référentiel de compétences professionnelles—Profession enseignante*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/devenir-enseignant/referentiel_competerences_professionnelles_profession_enseignante.pdf?1606848024

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2018). *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/PAN_Plan_action_VF.pdf

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2019). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/Cadre-reference-competece-num.pdf

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2020). *Bilan 2018-2019. Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/PAN_Bilan_2018-2019_VF.pdf

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. (2019). *La mine intelligente : Les impacts des nouvelles technologies*. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/energie-ressources-naturelles/publications-adm/bulletin-economique/trimestriel/BU-trimestriel-septembre-2019-MERN.pdf?1567695067>

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. (2020). *Les minéraux critiques et stratégiques. Plan québécois pour la valorisation des minéraux critiques et stratégiques 2020-2025*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/ressources-naturelles/Documents/PL_valorisation_mineraux_critiques_strategiques.pdf?1603973640

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale. (2019). *Plan d'action pour la main-d'œuvre 2018-2023*. https://www.mtess.gouv.qc.ca/grands-dossiers/action_maindoeuvre/plan_detail/index.asp

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale. (2020). *Forum virtuel sur la requalification de la main-d'œuvre et sur l'emploi*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/travail-emploi-solidarite-sociale/documents/Guide_Participant_forum.pdf?1602785484

Nana, A. (2021). Vers un diagnostic numérique d'un programme d'études. *Formation et profession*, 29(1), 1-5. <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2021.a224>.

Propulsion Québec, et Institut du véhicule innovant. (2020). *Une première au Canada dans l'industrie minière à ciel ouvert : L'électrification d'un véhicule lourd*. <https://propulsionquebec.com/2020/11/02/une-premiere-au-canada-dans-lindustrie-mini-ere-a-ciel-ouvert-lelectrification-dun-vehicule-lourd/>

Selwin, N. (2018). Approches critiques des technologies en éducation : Un aperçu. *Formation et profession*, 27(3), 6-21.

Vanoutrive, J., Derobertmasure, A., et Friant, N. (2012). Analyse thématique et analyse propositionnelle. Application à un corpus de témoignages concernant l'injustice scolaire. *Mesure et évaluation en éducation*, 35(2), 97-123. <https://doi.org/10.7202/1024722ar>

Zhou, V. (2021). Australia to reform mining qualification design. *Australian Mining*. <https://www.australianmining.com.au/news/australia-to-reform-mining-qualification-design/>

MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Liste des membres du conseil d'administration de l'Institut national des mines lors de l'adoption de l'avis.

Guy Belleau, président du conseil d'administration et chef de l'exploitation chez ArcelorMittal

Nommé le 15 août 2018 à titre de président de l'Institut national des mines

Jean-François Pressé, président-directeur général

Nommé le 27 décembre 2018 à titre de président-directeur général de l'Institut national des mines

Michel Laplace, vice-président du conseil d'administration et directeur général du Centre de services scolaire de la Baie-James

Membre provenant du secteur de l'enseignement secondaire en formation professionnelle, concerné par le secteur minier

Alain Guillemette, directeur général du Centre de services scolaire de l'Or-et-des-Bois

Membre provenant du secteur de l'enseignement secondaire en formation professionnelle, concerné par le secteur minier

Richard Poirier, directeur général du Centre de services scolaire du Fer

Membre provenant du secteur de l'enseignement secondaire en formation professionnelle, concerné par le secteur minier

Jovette Godbout, directrice de l'Unité de recherche et de service en technologie minérale et directrice administrative, Institut de recherche en mines et en environnement (IRME)

Membre provenant des secteurs de l'enseignement collégial et universitaire, concernés par le secteur minier

Sylvain Blais, directeur général du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue

Membre provenant des secteurs de l'enseignement collégial et universitaire, concernés par le secteur minier

Mamadou Falilou Diop, directeur adjoint à l'éducation des adultes et de la formation professionnelle

Membre provenant du Centre de services scolaire Kativik

Josée Méthot, présidente-directrice générale - Association minière du Québec

Membre provenant des associations d'employeurs du secteur minier

Régis Simard, directeur général - Table jamésienne de concertation minière

Membre provenant des associations d'employeurs du secteur minier

Kathy Gauthier, directrice générale du CSMO Mines

Membre représentant le CSMO Mines

André Miousse, vice-président vie syndicale - Fédération de l'industrie manufacturière

Membre provenant des associations de salariés concernées par le secteur minier

Jean-Sébastien Drapeau, directeur de l'éducation des adultes et de la formation professionnelle

Membre représentant le sous-ministre de l'Éducation

Esther Blais, directrice générale des affaires collégiales

Membre représentant le sous-ministre de l'Enseignement supérieur

Marie-Ève Boucher, directrice générale du développement de l'industrie minière

Membre représentant le sous-ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles

Renée-Claude Baillargeon, directrice régionale de Services Québec du Nord-du-Québec, ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale

Membre représentant le sous-ministre du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale

LISTE DES PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL DES MINES

(Planification stratégique 2018-2023)

Québec. Institut national des mines (2018). Avis au ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport - Mémoire sur la formation professionnelle. Avis, Val-d'Or, 30 p.

Québec. Institut national des mines (2018). Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec. Exemple de l'industrie minière. Études et rapports, Rédigé par Valérie Bellehumeur, Val-d'Or, 76 p.

Québec. Institut national des mines (2018). Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec. Exemple de l'industrie minière (abrégé), Études et rapports, Rédigé par Valérie Bellehumeur, Val-d'Or, 24 p.

Bélisle, R., Supeno, E. et César, J. C. (2019). Reconnaissance des acquis et des compétences en formation minière de niveau secondaire. Rapport de recherche documentaire déposé à l'Institut national des mines du Québec. Sherbrooke/Val-d'Or: Université de Sherbrooke/Institut national des mines. En ligne: www.inmq.gouv.qc.ca

Québec. Institut national des mines (2019). Avis au ministre de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur - Déployer de nouveaux outils de simulation pour la formation menant au secteur minier dans les établissements publics d'enseignement professionnel, collégial et universitaire, Avis, Val-d'Or, 32 p.

Québec. Institut national des mines, Association minière du Québec et CSMO Mines (2019). Portrait numérique de l'industrie minière au Québec. Études et rapports, Rédigé par le CEFRIO, Montréal/Val-d'Or/Québec, 48 p.

Québec. Institut national des mines (2019). Portrait des simulateurs d'engins miniers en formation minière présents dans les centres de formation professionnelle, les cégeps et les entreprises du secteur minier au Québec, Études et rapports, Rédigé par Robert Marquis, Karine Lacroix, Alexandre Nana, Nicholas Thérout et Jeffrey Vaillancourt, Val-d'Or, 36 p.

Québec. Institut national des mines, Association minière du Québec et CSMO Mines (2020). Le cadre de référence des compétences à l'ère du numérique dans le secteur minier, Études et rapports, Rédigé par Edgenda inc., Québec/Val-d'Or, 20 p.

Nana, Alexandre (2021). Vers un diagnostic numérique d'un programme d'études. Formation et profession: revue scientifique internationale en éducation. Institut national des mines. En ligne: <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2021.a224>

Québec. Institut national des mines (2021). Portrait de la formation dispensée par les entreprises minières à leur personnel. Analyse comparative 2013-2016-2019, Études et rapports, Rédigé par Alexandre Nana, Val-d'Or, 54 p.

Québec. Institut national des mines (2021). Diagnostic numérique 4.0 d'un programme d'études ou de formation. Application au secteur minier du Québec, Études et rapports, Rédigé par Alexandre Nana, Val-d'Or, (sous presse, à paraître)

Québec. Institut national des mines (2021). Portrait de la cybersécurité dans les programmes de formation professionnelle et les programmes d'études collégiales menant à l'exercice d'un métier ou d'une profession dans le secteur minier au Québec, Études et rapports, Rédigé par Nicholas Thérout, Val-d'Or, 60 p. (sous presse, à paraître)



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

Téléphone : 819 825-4667
info@inmq.gouv.qc.ca
inmq.gouv.qc.ca

**Institut national
des mines**

Québec 