

DIAGNOSTIC NUMÉRIQUE 4.0

D'UN PROGRAMME D'ÉTUDES OU DE FORMATION



*Institut national
des mines*

Québec



Conception, recherche et rédaction

Alexandre Nana, Ph.D., conseiller à l'innovation et à la recherche
Institut national des mines

Collaborations

Sophie-Anne Soumis, coordonnatrice | Centre de services scolaire de l'Or-et-des-Bois
Maripier Viger, adjointe aux communications | Institut national des mines

Supervision

Jean-François Pressé, président-directeur général
Institut national des mines

Diffusion

Karine Lacroix, conseillère stratégique en communication
Institut national des mines

Révision linguistique

Gilles Bordage

Graphisme

Pro-Actif

Le présent ouvrage a été produit par l'Institut national des mines. Un remerciement tout spécial aux établissements d'enseignement ayant participé à cette recherche.

Comment citer cet ouvrage :

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. Gouvernement du Québec. Rédigé par Alexandre Nana, Val-d'Or, 72 p.

Les travaux présentés dans ce rapport ont fait l'objet d'une publication scientifique :
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>.

Pour toute demande de renseignement :

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

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

ISBN : 978-2-550-90187-7 (Imprimé)
ISBN : 978-2-550-90189-1 (PDF)

Dépôt légal - Bibliothèque et Archives nationales du Québec
© Gouvernement du Québec, Institut national des mines (2021)



Des élèves du Centre de formation professionnelle Val-d'Or expérimentent une formation réalisée en réalité virtuelle.
(Photographe : Mathieu Dupuis)



Le DEC en Technologie minérale est l'un des deux programmes analysés dans le cadre de cette étude. Le Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue est l'un des trois établissements d'enseignement au Québec qui offre ce programme recherché dans le secteur minier. (Photographe : Christian Leduc)

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	8
RÉSUMÉ	9
INTRODUCTION	10
CHAPITRE 1 : MISE EN CONTEXTE	11
L'évolution de l'industrie	11
De l'industrie 4.0 vers la mine 4.0 ou mine intelligente	12
La formation : une clé de réussite	15
Question de la recherche	16
CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION	19
CHAPITRE 3 : LES AXES DU DIAGNOSTIC NUMÉRIQUE	20
Axe 1 : Le programme 4.0	21
Axe 2 : Les outils 4.0	21
Axe 3 : La pédagogie 4.0	21
Axe 4 : Les compétences 4.0	21
Axe 5 : Le leadership 4.0	21
Généralisation du référentiel de compétences numériques	21
L'outil de diagnostic et le plan d'action numérique (PAN)	24
CHAPITRE 4 : APPLICATION DE L'OUTIL DE DIAGNOSTIC	25
Deux programmes cibles	25
Collecte des données	26
Méthodologie d'implémentation	27
Population et échantillon	28
CHAPITRE 5 : RÉSULTATS ET ANALYSES	31
Résultats communs à plusieurs axes	31
<i>Définition du terme «industrie 4.0»</i>	31
<i>Formation au numérique</i>	32
Résultats de l'axe 1 : le programme 4.0	35
<i>Analyse de contenu</i>	35
Résultats de l'axe 2 : les outils 4.0	39
<i>Supports intelligents</i>	39
<i>Processus intelligents</i>	41

Résultats de l'axe 3 : la pédagogie 4.0	42
<i>Appropriation du numérique</i>	42
Résultats de l'axe 4 : les compétences 4.0	45
<i>Autoévaluation des compétences</i>	45
Résultats de l'axe 5 : le leadership 4.0	48
<i>Vision du numérique</i>	48
<i>Stratégie numérique</i>	50
CHAPITRE 6 : DISCUSSION GÉNÉRALE	52
Principaux constats qui ressortent des résultats	52
Difficultés rencontrées lors de l'implémentation de l'outil	54
Limites de l'outil de diagnostic	55
Améliorations potentielles du diagnostic	55
Exemples d'utilisation de l'outil	56
<i>Portrait numérique d'un établissement d'enseignement</i>	56
<i>Révision des programmes d'études</i>	56
<i>Transférabilité de l'outil de diagnostic</i>	56
CONCLUSION	57
RÉFÉRENCES	60
ANNEXES	66
Annexe 1 : Matrice INMQ - MEES	67
Annexe 2 : Matrice INMQ - Étude internationale	68
Annexe 3 : Matrice modifiée INMQ - MEES	69
Annexe 4 : Matrice modifiée INMQ - Étude internationale	70

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Définition de l'industrie 4.0	32
Tableau 2 : Formation au numérique par programme	33
Tableau 3 : Occurrences des sous-thèmes dans les contenus analysés	37
Tableau 4 : Liste des outils et technologies disponibles dans le programme	40
Tableau 5 : Outils et processus dans chaque programme	41
Tableau 6 : Outils et technologies utilisés dans un cadre pédagogique	43
Tableau 7 : Le numérique dans l'acte d'enseignement	44
Tableau 8 : Autoévaluation des compétences numériques	47
Tableau 9 : Intégration du numérique dans le programme	49

LISTE DES FIGURES

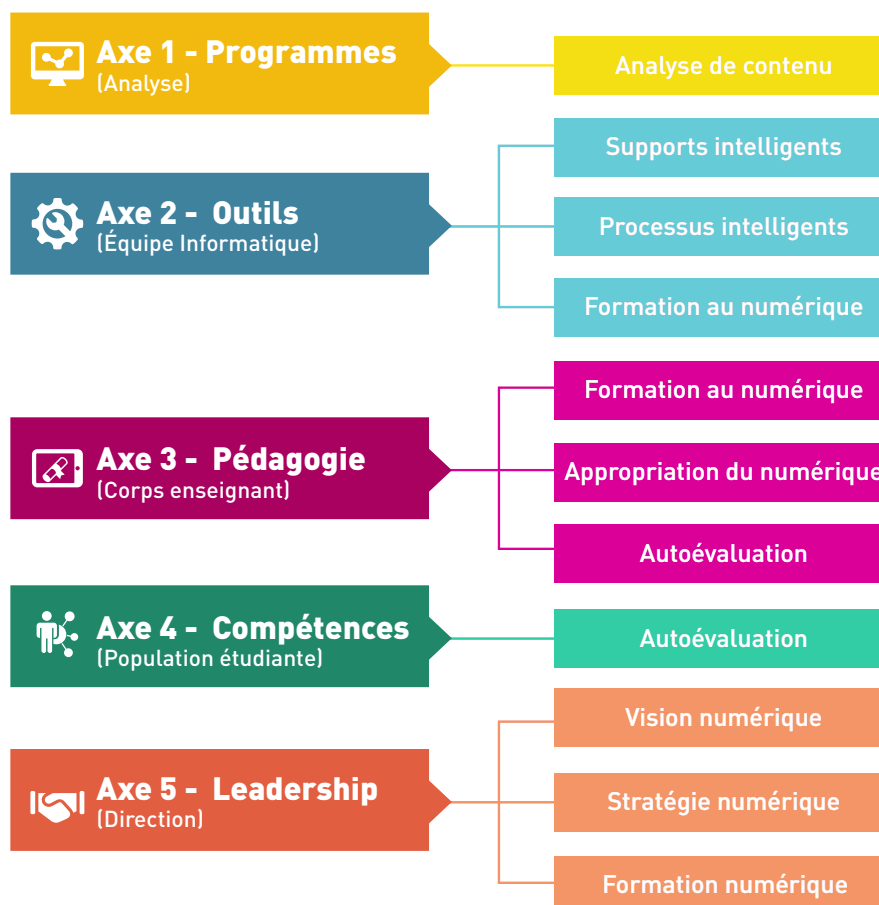
Figure 1 : Les axes et sous-axes de l'outil de diagnostic	9
Figure 2 : De l'artisanat (industrie 0.0) à l'industrie X.0	11
Figure 3 : Les thèmes de la mine 4.0, adaptés de Forum économique mondial (2017)	13
Figure 4 : Les attributs du mineur 4.0, adaptés et traduits librement de Romero et al. (2016)	14
Figure 5 : Les cinq axes de l'outil de diagnostic	20
Figure 6 : Les familles de compétences numériques de l'outil de diagnostic	22
Figure 7 : Les neuf familles de compétences numériques	23
Figure 8 : L'outil de diagnostic et le plan d'action numérique (PAN)	24
Figure 9 : Les caractéristiques des deux programmes testés	25
Figure 10 : Le nombre de questions et la durée moyenne de réponse	26
Figure 11 : Thématiques abordées dans les quatre questionnaires	27
Figure 12 : Répartition de la population participante par axe	28
Figure 13 : Thèmes et sous-thèmes utilisés lors de l'analyse de contenu	36
Figure 14 : Les quatre paliers de l'échelle d'autoévaluation	45
Figure 15 : Degré d'influence de l'industrie 4.0 au cours des trois prochaines années	48
Figure 16 : Existence d'un plan de formation du personnel	51
Figure 17 : Principaux constats de l'étude	52
Figure 18 : Inclusion de l'industrie 4.0 dans les programmes d'études	57

RÉSUMÉ

Ce projet porte sur l'élaboration d'un outil qui permet d'effectuer le diagnostic numérique 4.0 des programmes d'études et de formation. Il s'impose dans un contexte où l'onde de choc d'outils numériques et des technologies émergentes qui a marqué l'avènement de la 4^e révolution industrielle continue de se propager dans tous les aspects de nos vies. Les conséquences de cette révolution technologique ont récemment été aggravées par la crise sanitaire qui, en provoquant une deuxième onde de choc, ne laisse d'autres solutions que celles d'intégrer, d'adopter et de s'appropriier le numérique et ainsi, de tirer avantage des possibilités offertes par cette révolution industrielle.

Dans cette optique, l'Institut national des mines présente dans ce rapport la méthodologie d'une recherche exploratoire ainsi que l'outil de diagnostic élaboré qui s'articule autour de cinq axes incontournables mis en lumière à la **Figure 1**. À la suite de l'application de l'outil sur deux programmes d'études, plusieurs constats émergent. Il s'agit notamment de la nécessité de développer les compétences numériques de toutes les catégories de personnel des établissements d'enseignement, d'offrir des formations en lien avec le numérique qui sont adaptées aux besoins du personnel, et d'effectuer un diagnostic numérique 4.0 des programmes et des établissements afin de mieux entreprendre ce virage holistique. Ces constats sont présentés de manière plus exhaustive dans la « Discussion générale » au **Chapitre 6**.

Figure 1 : Les axes et sous-axes de l'outil de diagnostic



INTRODUCTION

De nos jours, l'utilisation accrue des outils numériques et des technologies émergentes est en train de bouleverser la culture des entreprises et des organisations, les méthodes de travail et d'enseignement, les processus, les systèmes éducatifs, les modèles d'affaires, l'écosystème d'apprentissage, ainsi que les besoins en compétences dans divers secteurs. Cet événement disruptif (Forum économique mondial, 2017), encore appelé Industrie 4.0 ou 4^e révolution industrielle (Banque de développement du Canada, 2017; Julien et Martin, 2018; Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018), s'est également répercutée sur le secteur minier qui, loin d'être en marge, adopte et intègre de plus en plus des solutions technologiques dans ses activités et subit une transformation numérique sans précédent.

Toutefois, alors que plusieurs se penchent sur les défis de la transition des entreprises vers l'industrie 4.0, peu ou pas assez d'attention est portée aux incidences de ce virage sur les programmes d'études. Intégrer une nouvelle technologie dans ses opérations requiert d'avoir un personnel suffisamment qualifié pour l'utiliser adéquatement, en connaître les limites et être capable de faire face aux éventuels problèmes techniques qu'elle pourrait occasionner, et ce, afin de pouvoir en

L'Institut national des mines (INMQ) propose un outil qui effectue le diagnostic numérique d'un programme d'études ou de formation, tout en contribuant à documenter les bouleversements provoqués par la 4^e révolution industrielle dans le secteur minier.

tirer pleinement avantage. L'absence de personnel qualifié et l'utilisation inappropriée ou de manière inefficace d'une technologie, aussi perfectionnée soit-elle, peuvent annihiler les retombées escomptées par son adoption. C'est pourquoi la formation au numérique du personnel est essentielle pour son employabilité¹ et pour un tournant numérique réussi.

À terme, ce projet contribuera entre autres à la vulgarisation des bases conceptuelles qui sous-tendent la 4^e révolution industrielle, permettra de broser le portrait numérique d'un programme et alimentera la réflexion sur l'établissement d'enseignement numérique, voire 4.0. Cet ouvrage s'adresse aux partenaires du milieu de la formation (initiale, continue et en entreprise). Le chapitre 1 met la table avec une

présentation de la 4^e révolution industrielle et de l'influence qu'elle exerce dans le secteur minier. Le chapitre 2 présente l'approche méthodologique adoptée. Il est suivi au chapitre 3 des éléments constitutifs de l'outil de diagnostic et du référentiel de compétences utilisé. Le chapitre 4 met à l'épreuve l'outil sur deux programmes de formation minière offerts par des établissements du Québec, et les résultats sont présentés dans le chapitre 5 puis discutés au chapitre 6. Le document se termine en mettant en évidence les conclusions de notre étude et les pistes pour des recherches futures. Bien que conçu dans le secteur minier, ce diagnostic se veut transférable à d'autres secteurs d'activité.

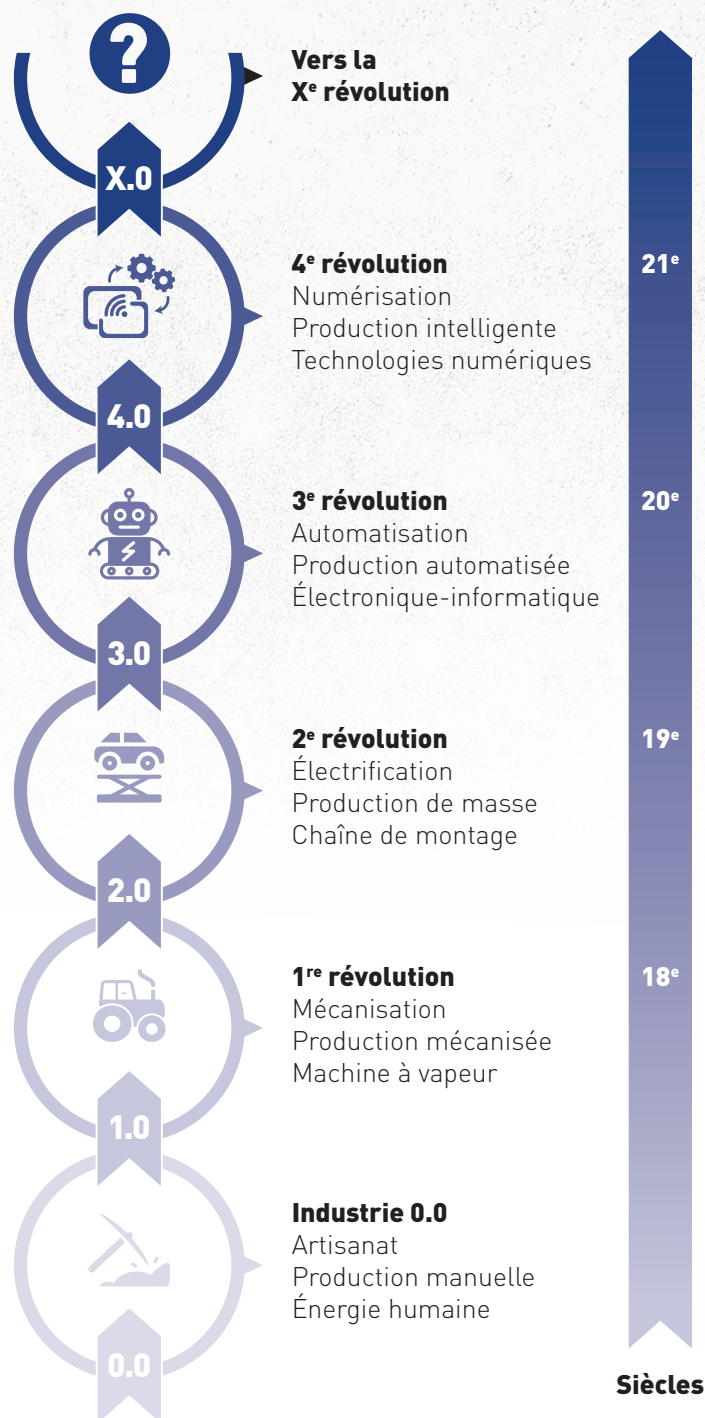
¹ Capacité d'une personne à trouver et à se maintenir en emploi, ou d'en trouver un autre rapidement, dans ou en dehors du métier de l'entreprise (Peretti, Jean-Marie. (2001). *Dictionnaire des ressources humaines*.).

CHAPITRE 1 : MISE EN CONTEXTE

L'évolution de l'industrie

L'industrie, définie comme l'ensemble des activités économiques découlant de la transformation des matières premières ou de l'exploitation des sources d'énergie², a connu quatre moments particulièrement marquants au cours de son histoire (Banque de développement du Canada, 2017; Julien et Martin, 2018) (**Figure 2**).

■ **Figure 2** : De l'artisanat (industrie 0.0) à l'industrie X.0



2 Dictionnaire Larousse [En ligne].

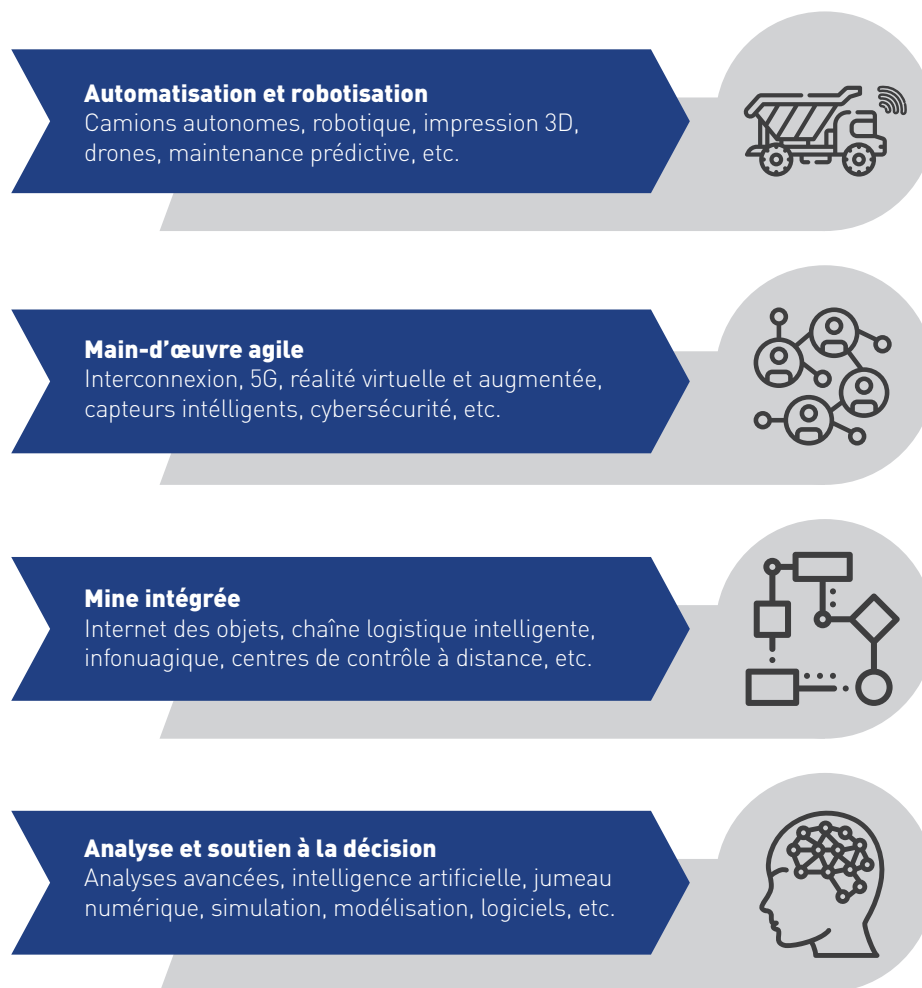
En effet, la 4^e révolution industrielle actuelle (industrie 4.0 – **production intelligente**), dans laquelle des machines capables de simuler l'intelligence, des équipements à la fine pointe de la technologie et des systèmes repoussant les limites de la programmation et de l'autonomie, sont interconnectés entre eux et avec l'être humain, a supplanté la 3^e révolution industrielle (Industrie 3.0 – **production automatisée**) qui a eu lieu dans les années 1900. Cette dernière a pris racine à la suite des progrès en informatique et en électronique qui ont été à l'origine de la robotisation et de l'automatisation de la production. Le numérique, dans le sens pur des outils et des technologies, est donc originaire de la 3^e révolution industrielle. Cette dernière a été précédée d'environ un siècle plus tôt par la 2^e révolution industrielle (Industrie 2.0 – **production de masse**) durant laquelle l'arrivée de l'électricité dans les usines et l'utilisation du pétrole comme source d'énergie ont permis le déploiement des chaînes de montage et donc, de la production de masse. L'industrie 2.0 elle-même a supplanté la 1^{re} révolution industrielle (Industrie 1.0 – **production mécanisée**) qui, dans les années 1700, a marqué les balbutiements initiaux de l'activité industrielle avec l'essor des premières usines utilisant le charbon (la machine à vapeur). En règle générale, *« contrairement aux révolutions industrielles précédentes, 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 l'industrie 4.0 vers la mine 4.0 ou mine intelligente

L'industrie 4.0 ouvre la porte vers une pléthore de possibilités qui pourraient être bénéfiques pour le secteur minier. Parmi celles-ci se trouve la productivité, qui résume l'essentiel des bénéfices que génère le virage vers des mines plus autonomes (Accenture, 2014; Ernst & Young, 2019a; Fayol et al., 2020; Forum économique mondial, 2018; Institut national des mines, 2019b; Löow et al., 2019; Rockwell Automation, 2019; STIQ, 2020). Cela constitue également un changement de paradigme, car contrairement à l'opinion populaire, augmenter la productivité n'est pas nécessairement synonyme de plus de tonnage, mais d'un tonnage avec moins d'intrants (carburant, travail, temps, matériel, etc.) tout en minimisant les déchets, l'utilisation de l'énergie et de l'eau (Rockwell Automation, 2019). La transition 4.0 de l'industrie minière permet entre autres de créer des centres de commande à distance pour les opérations minières; d'automatiser ces opérations et les processus; de briser les silos en s'appuyant sur des équipes multidisciplinaires, des fournisseurs, des clients et des équipements interconnectés et interopérables; de stocker et valoriser des données puis prendre des décisions à partir de celles-ci; d'utiliser des drones, des robots, la modélisation, la simulation, le jumeau numérique, les maintenances prédictives et prescriptives, et ce, pour des opérations minières plus agiles, un personnel plus en sécurité, des mines plus autonomes et une plus petite empreinte environnementale de l'activité minière. *« 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).

Les thèmes centraux au cœur de la transformation 4.0 de l'industrie minière sont détaillés de manière non exhaustive à la **Figure 3** et sont bien documentés dans la littérature (Deloitte, 2017a, 2017b; Deloitte Insights, 2020; Ernst & Young, 2019a; Forum économique mondial, 2017, 2018; Institut

national des mines, 2018; McKinsey & Company, 2015; Rockwell Automation, 2020; Sirinanda, 2019; Sishi et Telukdarie, 2018). Il s'avère que la philosophie en filigrane de l'industrie 4.0 suggère une plus grande agilité dans la gestion des procédés et une pensée holistique qui, loin de se limiter à une automatisation locale, à l'achat d'équipements de pointe ou à l'amélioration des outils de production et des logiciels de gestion, affecte l'architecture de l'entreprise, la colonne vertébrale de l'organisation, toute l'ossature de la chaîne de valeur. « *C'est la raison pour laquelle cette révolution est, par essence, systémique, voire interactionnelle* » (Köhler et Weisz, 2016).



■ **Figure 3 :** Les thèmes de la mine 4.0, adaptés de Forum économique mondial (2017)

Par ailleurs, avec un marché du travail fortement déstabilisé par les bouleversements occasionnés par la 4^e révolution industrielle et des entreprises qui ne cessent d'intégrer graduellement les technologies dans leurs activités, les profils des emplois sont aussi en mutation. Les savoir-faire métiers ne seront plus suffisants et des savoir-être jusqu'à maintenant non considérés, comme la disposition à apprendre, la concentration, la collaboration et la capacité d'adaptation aux changements, présenteront dorénavant un plus grand intérêt (Forum économique mondial, 2018).

Plus encore, selon l'enquête effectuée auprès des dirigeants d'entreprises canadiennes, ceux-ci auraient moins tendance à former leur personnel relativement à la numérisation des tâches et penseraient pouvoir recruter de nouveaux diplômés qui sont déjà experts dans les technologies émergentes pertinentes (PriceWaterhouseCoopers, 2020). Cela constitue une raison supplémentaire d'orienter les programmes d'études de manière à doter de compétences numériques la main-d'œuvre actuelle et future.

En outre, à partir des principes de l'industrie 4.0 certains auteurs, comme Lööw et al. (2019), en s'inspirant de l'opérateur 4.0 du secteur manufacturier introduit par Romero et al. (2016), ont construit huit attributs importants du « mineur 4.0 » qui sont (**Figure 4**) :



■ **Figure 4** : Les attributs du mineur 4.0, adaptés et traduits librement de Romero et al. (2016)

La formation : une clé de réussite

À l'ère numérique actuelle, mais dans laquelle paradoxalement, 44 % des dirigeants manufacturiers québécois semblent n'avoir jamais entendu parler de l'industrie 4.0 et seulement 39 % l'associent correctement à la notion de nouvelle révolution industrielle (Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2019b), la réussite de la migration d'une entreprise vers le 4.0 passe par la transformation numérique de son personnel, autrement dit le développement des compétences numériques du personnel. Comme l'a mentionné M. Pierre Fitzgibbon, ministre de l'Économie et de l'Innovation du Québec : « *le rôle du gouvernement est de cultiver une culture numérique et permettre aux PME de trouver un moyen rapide et collaboratif d'entamer leur transformation numérique* » (The Future Economy, 2019). Par ailleurs, le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur du Québec a lancé en 2019 le Cadre de référence de la compétence numérique, nouvelle politique en matière de numérique et couvrant tous les ordres d'enseignement au Québec, c'est-à-dire du préscolaire à l'université (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019a, 2019b). On y lit que « *la compétence numérique est intimement liée au développement professionnel de tous les travailleurs et travailleuses du 21^e siècle. En ce sens, il est nécessaire que tous et toutes soient en mesure d'utiliser les ressources numériques disponibles (...) pour maintenir leurs compétences professionnelles à jour* ». Dans la même veine, le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale (MTESS) du Québec a indiqué lors de son forum virtuel du 16 octobre 2020 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, 2019). Il semble donc y avoir un consensus sur la place importante de la formation dans un tournant révolutionnaire 4.0.

Créer, coordonner et réaliser des actions de soutien qui visent le développement de compétences et d'une culture du numérique tout au long de la vie forment l'essentiel des défis relevés dans la littérature (Banque de développement du Canada, 2017; Deloitte, 2019; Deloitte Insights, 2020; Ernst & Young, 2019b; Forum économique mondial, 2018, 2019, 2020; Institut national des mines, 2018, 2019b; Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2019c; Mitchell et al., 2019; PriceWaterhouseCoopers, 2020; Rockwell Automation, 2019; Romero et al., 2020; Watson, 2017). Un personnel numériquement talentueux est essentiel pour un passage à l'industrie 4.0 réussi. Telles des avant-gardistes, certaines entreprises cherchent dorénavant à offrir à leur personnel des occasions de requalification et de rehaussement de leurs compétences, étant conscientes du fait que d'ici 2025, 44 % des compétences dont ce personnel aura besoin pour s'acquitter efficacement de ses tâches changeront (Forum économique mondial, 2020). Il est même recommandé d'« *établir un plan de formation pour chaque employé touché de façon significative par les nouvelles technologies* » (Banque de développement du Canada, 2017).

Question de la recherche

À la lumière de ce qui précède, la nécessité d'une main-d'œuvre dotée de compétences 4.0 n'est plus à démontrer. À ce sujet, il serait légitime de se demander si les programmes d'études actuels demeurent en adéquation avec les besoins d'un secteur qui a déjà amorcé son virage technologique et d'un marché du travail qui subit les soubresauts de la 4^e révolution industrielle dont les conséquences sont exacerbées par la crise sanitaire mondiale. En d'autres mots...

Comment permettre aux personnes apprenantes de développer les compétences indispensables pour occuper les nouveaux emplois émergents et les postes devenus hybrides du fait de la révolution numérique ?

Telle est la question à laquelle ce projet tentera de répondre à travers l'élaboration d'un outil qui permet d'apprécier les programmes d'études et de formation par rapport au numérique et aux bases conceptuelles de la 4^e révolution industrielle.

La table ainsi mise par le contexte, le chapitre suivant s'ouvre sur la démarche méthodologique adoptée pour mener à bon terme ce projet.



Au département de Technologie minérale du Cégep de Thetford, les étudiantes et les étudiants reçoivent une formation où ils peuvent expérimenter une situation d'apprentissage de santé et de sécurité dans un chantier minier grâce à la réalité virtuelle. (Photographie : Cégep de Thetford)



Le Centre de services scolaire de la Baie-James et leur centre de formation professionnelle utilisent des outils pédagogiques novateurs tels que le simulateur d'engins miniers de surface et sous-terrains. (Photographe : Caroline Fleury)

CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE DE CONCEPTION

La conception d'un outil de diagnostic holistique et fiable d'un programme d'études doit prendre en considération les facteurs au cœur de l'environnement éducatif. Lafontaine et Simon (2008, p. 98) relèvent trois principaux acteurs du système éducatif : « *les élèves, les enseignants, les établissements* ». De même, Landry et Richard (2002, p. 194) soulignent que « *réduit au nombre minimal d'éléments, le système éducatif comprend trois composantes essentielles (aucune d'elles ne peut être enlevée ou négligée sans que soient sérieusement compromis le processus et le résultat relatifs au but du système d'apprentissage) et universelles (communes à tout système d'enseignement)* ». Ils ajoutent que « *ces trois composantes sont : l'apprenant, le processus d'enseignement et les agents éducatifs* », les agents éducatifs étant « *l'ensemble des ressources humaines, matérielles, administratives et physiques requises pour la planification, l'implantation et la révision continue d'un processus d'enseignement centré sur l'apprenant* ». Dans cet ordre d'idées et dans le but d'avoir un diagnostic qui couvre non seulement la dimension technologique, mais aussi la dimension de la culture numérique développée ainsi que sa transmission, les éléments suivants ont particulièrement retenu notre attention :

- ▷ Les personnes apprenantes;
- ▷ Le personnel enseignant;
- ▷ Le contenu des cours;
- ▷ Les ressources numériques disponibles;
- ▷ Le personnel d'encadrement.

Ces cinq éléments constituent les **composantes minimales** de l'outil de diagnostic. En outre, l'outil n'ayant pas la prétention de considérer toute la complexité, la multiplicité et la diversité des interactions qui existent entre les éléments constitutifs d'un système éducatif, ces composantes peuvent être divisées en sous-composantes, ou se faire adjoindre d'autres composantes selon les besoins.

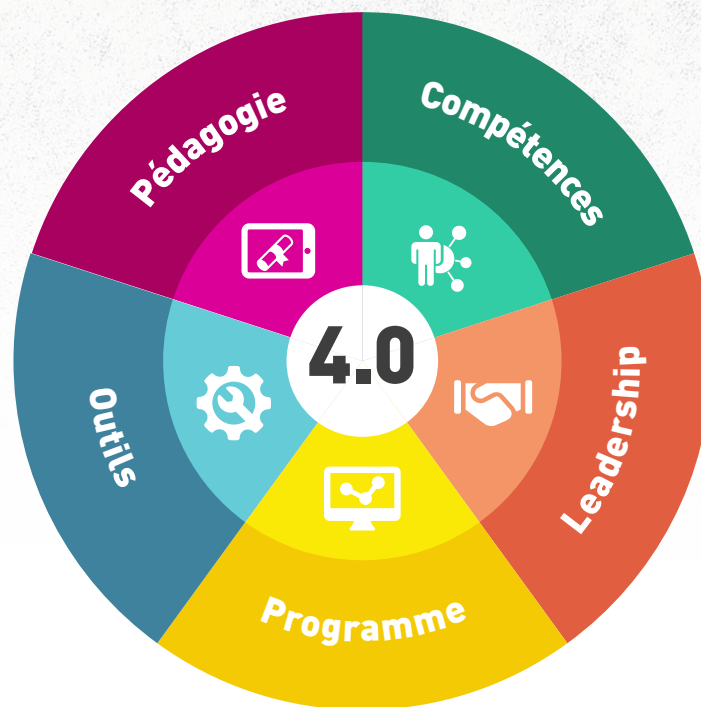
Les grands axes du diagnostic déterminés, le défi de définir les éléments à évaluer, les acteurs concernés et les instruments de mesure, et de concevoir une approche méthodologique qui sied à chaque axe restait entier. Une approche mixte a finalement été adoptée, de manière semblable aux travaux de Pinard et al. (2004). Elle comprend à la fois les volets qualitatif et quantitatif. Le volet qualitatif consiste en l'analyse du contenu³ du programme d'études sous l'angle du numérique 4.0. L'aspect quantitatif consiste en des enquêtes auprès des personnels de l'établissement et de la population apprenante, ainsi qu'à une recension des outils numériques et des technologies émergentes disponibles dans le programme, et ce, en s'inspirant de l'audit 4.0 d'une mine et de celui des entreprises manufacturières (Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2019a).

En procédant de la sorte, l'outil élaboré considère les acteurs de premier plan dans l'acte d'enseignement, sans toutefois négliger les autres parties intégrantes de l'écosystème d'un programme d'études, comme le détaille le chapitre suivant.

3 Le contenu réfère aux données textuelles ou descriptif du programme. Il est aussi appelé le devis ministériel.

CHAPITRE 3 : LES AXES DU DIAGNOSTIC NUMÉRIQUE

L'outil de diagnostic proposé se décline en cinq grands axes schématisés à la **Figure 5**. 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.



■ **Figure 5 :** Les cinq axes de l'outil de diagnostic



Axe 1 : Le programme 4.0

Cet axe analyse le contenu 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 la révolution 4.0 dans le programme.



Axe 2 : Les outils 4.0

Cet axe effectue une cartographie des outils numériques, des technologies émergentes, des systèmes, des processus et des applications utilisés dans l'établissement, leur pertinence dans le contexte de l'industrie 4.0 en plus de l'intensité de leur utilisation dans le programme d'études.



Axe 3 : La pédagogie 4.0

Cet axe prend en considération la diversité des méthodes d'enseignement en lien avec le numérique utilisées par les enseignantes et enseignants. Il oriente les regards sur l'intégration des outils numériques, des technologies émergentes et des principes de l'industrie 4.0 dans l'enseignement.



Axe 4 : Les compétences 4.0

À l'ère de l'industrie 4.0, la transition numérique des compétences est une évolution indispensable pour accéder à l'employabilité et s'y maintenir, dans des secteurs d'activités qui intègrent de plus en plus de technologies. Cet axe met l'accent sur les compétences développées par la population étudiante.



Axe 5 : Le leadership 4.0

Cet axe prête attention à la stratégie numérique de la direction du programme (voire de l'établissement). Ceci 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».

Généralisation du référentiel de compétences numériques

À ce stade se pose la cruciale question du référentiel de compétences à utiliser lors du diagnostic numérique 4.0 pour l'**Axe 3 : La pédagogie 4.0** et l'**Axe 4 : Les compétences 4.0**. Pour y répondre, un nouveau référentiel de compétences a été élaboré.

En effet, considérant, d'une part, que le cadre de référence de la compétence numérique du ministère se veut applicable à la fois au personnel enseignant et à la population étudiante (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019a) et, d'autre part, que le cadre de référence de l'Institut national des mines est construit sur la base des travaux d'un comité de spécialistes qui œuvrent dans le secteur minier, et que les gestes-clés qu'il contient sont validés par du

personnel de terrain des mines au Québec (Institut national des mines, 2019a), nous avons réalisé une corrélation entre les deux cadres de référence. La matrice obtenue, présentée à l'**Annexe 1** : Matrice INMQ-MEES, révèle que le cadre de référence de l'Institut couvre 10 des 12 dimensions du cadre du ministère. Un exercice similaire a été effectué avec les 23 compétences tirées d'une vaste étude comparative internationale sur les compétences du futur pour laquelle le cadre de référence de l'Institut couvre 21 des 23 compétences (Karsenti, 2019). La matrice correspondante se trouve à l'**Annexe 2** : Matrice INMQ. Ces deux matrices ont permis de construire un référentiel de compétences structuré autour de 30 compétences regroupées dans la **Figure 6**. Ce référentiel assure la cohérence et l'adéquation principalement entre le cadre sectoriel de l'Institut (Institut national des mines, 2019a) et le cadre national du ministère (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2019a). Les matrices correspondantes peuvent être consultées en **Annexe 3** : Matrice modifiée INMQ-MEES et en **Annexe 4** : Matrice modifiée INMQ.



■ **Figure 6** : Les familles de compétences numériques de l'outil de diagnostic

Il est important de relever qu'en lieu et place du référentiel de compétences proposé dans ce projet, un autre référentiel, comme ceux proposés par le Ministère de l'Éducation (2020), Poellhuber (2006), l'Association québécoise des cadres scolaires (2008) et Boudreault (2018), propre à un ou plusieurs axes de l'outil de diagnostic, peut également être utilisé. En outre, il est aussi possible de regrouper les 30 compétences de cette étude en neuf familles de compétences numériques, comme l'illustre la **Figure 7**. Elles sont comparables aux neuf familles de compétences essentielles (lecture, utilisation de documents, rédaction, calcul, communication verbale, capacité de raisonnement, technologie numérique, travail d'équipe et formation continue) établies par le gouvernement du Canada et considérées comme « *nécessaires pour travailler, apprendre et mener des activités quotidiennes et permettre aux gens de prospérer dans leur emploi et de s'adapter aux changements dans leur milieu de travail* » (Gouvernement du Canada, 2015).



■ **Figure 7 :** Les neuf familles de compétences numériques

L'outil de diagnostic et le plan d'action numérique (PAN)

L'élaboration de cet outil de diagnostic s'inscrit parfaitement dans le processus de mise en œuvre du plan d'action numérique (PAN) en éducation et en enseignement supérieur 2018-2023 du gouvernement du Québec dont la vision 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). De fait, il fournit un excellent outil servant à dresser un état des lieux numérique des programmes d'études (voire des établissements d'enseignement), à faire ressortir les besoins communs à plusieurs programmes et établissements en vue de mutualiser les efforts et de briser les silos, et ce, pour un meilleur déploiement des mesures phares dudit plan d'action. Il rejoint plusieurs objectifs du PAN, comme le montre la **Figure 8**. Il s'agit notamment, mais non exclusivement, de l'objectif 1.3 qui vise à *soutenir les personnes et les organisations dans la transition vers une culture numérique*, de l'objectif 2.3 qui est de *favoriser le déploiement de l'offre de formation à distance en fonction des besoins des différents ordres d'enseignement* et de l'objectif 3.2 qui consiste à *renforcer la gouvernance numérique et miser sur le partenariat comme levier stratégique* (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018).



Figure 8 : L'outil de diagnostic et le plan d'action numérique (PAN)

Objectif 1.3 (PAN)

Soutenir les personnes et les organisations dans la transition vers une culture numérique

Objectif 2.3 (PAN)

Favoriser le déploiement de l'offre de formation à distance en fonction des besoins des différents ordres d'enseignement

Objectif 3.2 (PAN)

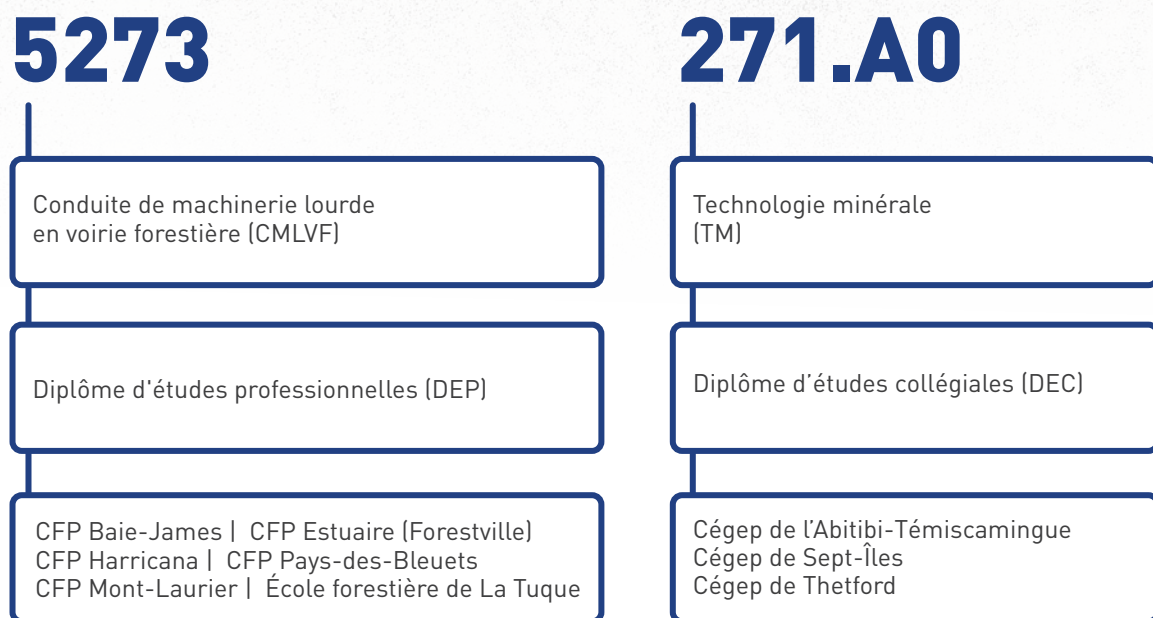
Renforcer la gouvernance numérique et miser sur le partenariat comme levier stratégique

CHAPITRE 4 : APPLICATION DE L'OUTIL DE DIAGNOSTIC

Dans ce chapitre, il est question de la démarche utilisée pour valider l'outil en l'appliquant sur des programmes d'études collégiales et professionnelles. La validation est effectuée en formation professionnelle et en 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).

Deux programmes cibles

Les caractéristiques des programmes diagnostiqués et les établissements d'enseignement québécois offrant lesdits programmes (CSMO Mines, 2017) sont présentés à la **Figure 9**. Les personnes qui obtiennent un diplôme de ces deux programmes, soit le DEC en *Technologie minérale* (271.A0) et le DEP en *Conduite de machinerie lourde en voirie forestière* (5273), comptent parmi celles qui seront les plus recherchées au Québec d'ici 2023 (CSMO Mines, 2020a).



■ **Figure 9** : Les caractéristiques des deux programmes testés

Collecte des données

La grille d'analyse utilisée pour le diagnostic numérique 4.0 a été élaborée durant l'automne 2019 et l'hiver 2020, après avoir tenu des rencontres dans cette même période avec plusieurs collaborateurs provenant de l'industrie des mines, du secteur de l'Éducation et un évaluateur «audit 4.0» du ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI). Par la suite, durant l'été 2020, le questionnaire a été peaufiné puis monté en ligne sur la plateforme *Survey Monkey*. De plus, les questions ont été adaptées en fonction des gestes-clés A, B, C et D pour les postes ciblés (Institut national des mines, 2019a) et donc, pour les programmes d'études correspondants (CSMO Mines, 2017).

Durant ce même été, en plus du personnel de l'Institut, chaque questionnaire a été prétesté par un maximum de trois personnes externes. De légers ajustements ont été effectués par la suite sur le contenu et la durée moyenne pour répondre au sondage a été validée. Étant donné qu'il y a un questionnaire distinct pour chacun des axes de l'outil (à l'exception de l'axe 1 qui est une analyse de contenu), les détails sur le nombre de questions et la durée moyenne de chaque questionnaire sont présentés à la **Figure 10**.



■ **Figure 10 :** Le nombre de questions et la durée moyenne de réponse

Puisque chaque axe couvre un angle différent de l'environnement éducatif, le questionnaire a également été adapté pour en tenir compte. Un questionnaire distinct a été élaboré pour chacun des axes et chaque questionnaire s'adressait à une classe précise de répondants. Les questions étaient regroupées par thématique, comme le met en évidence la **Figure 11** pour chacun des axes à l'exception de l'**axe 1** qui est une analyse de contenu.

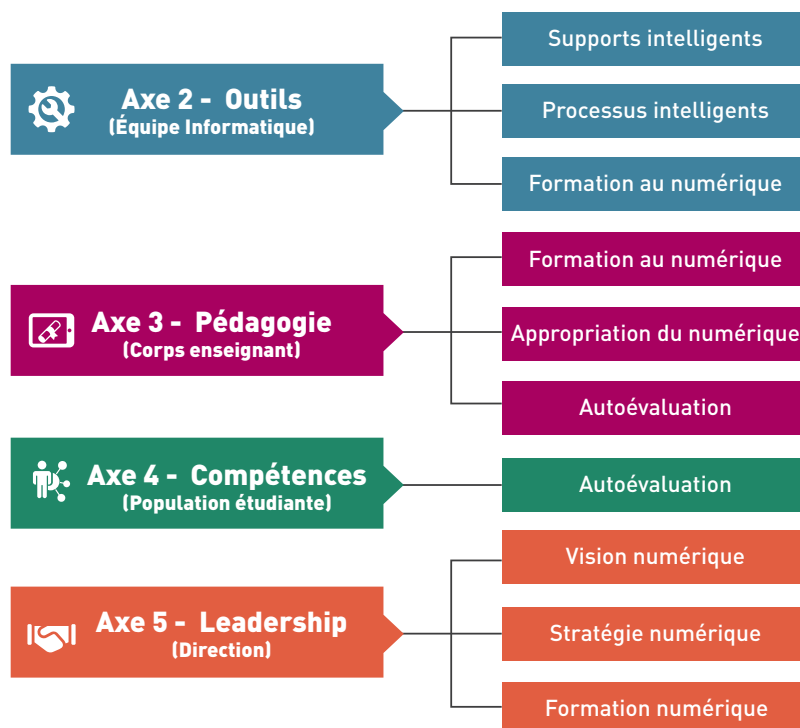


Figure 11 :
Thématiques abordées
dans les quatre
questionnaires

Méthodologie d'implémentation

À partir des informations obtenues dans le *Guide des carrières de l'industrie minière* (CSMO Mines, 2017), les six centres de formation professionnelle qui offrent le programme de Conduite de machinerie lourde en voirie forestière et les trois collèges qui offrent le programme de Technologie minérale ont été recensés (voir également la **Figure 9**), puis les directions correspondantes ont reçu par courriel une invitation à participer à l'étude le 5 août 2020. Le courriel expliquait les objectifs du projet et contenait un lien hypertexte pour une séance d'information tenue le 19 août 2020 par visioconférence. Les directions étaient invitées à partager le courriel aux enseignants et aux membres du personnel de leur établissement concernés par ce projet.

À la fin de la présentation, chaque établissement a choisi une personne-ressource à qui les liens des quatre questionnaires *Survey Monkey* ont été envoyés. Chaque personne-ressource s'est chargée par la suite de réacheminer le bon lien au personnel approprié de l'établissement en fonction des axes.

Par exemple, le lien de l'**axe 3** a été acheminé uniquement au personnel enseignant du programme, tandis que le lien vers le questionnaire de l'**axe 4** a été acheminé aux élèves (pour les centres de formation professionnelle) et à la population étudiante (pour les cégeps) par un enseignant au début de leur cours et les étudiants devaient le remplir sur-le-champ. 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.**

Population et échantillon

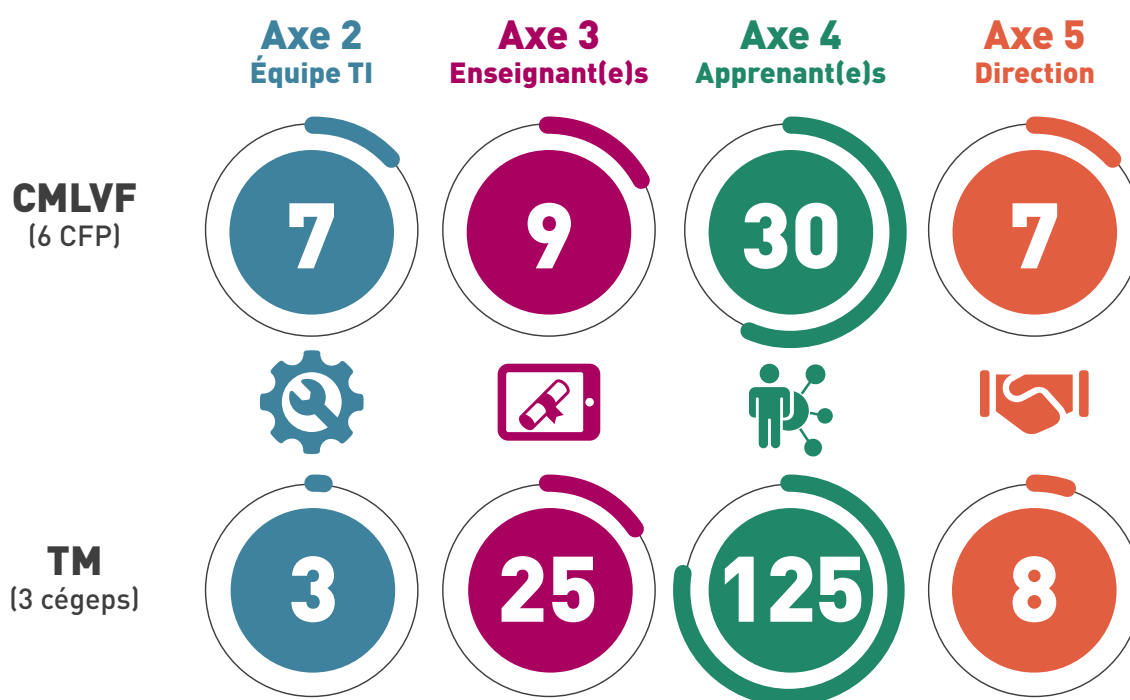


Figure 12 : Répartition de la population participante par axe

Comme le montre la **Figure 12**, il y a eu en moyenne une personne de l'équipe des technologies informatiques (**axe 2**) pour répondre aux questions concernant les outils et équipements numériques dans le programme pour chacun des établissements. De même, il y a eu 34 membres du personnel enseignant, 155 membres de la population apprenante et 22 membres des directions qui ont répondu au questionnaire, soit respectivement 25 provenant des collèges et 9 de la formation professionnelle pour l'**axe 3**, 125 des collèges et 30 de la formation professionnelle pour l'**axe 4**, puis 8 des collèges et 7 de la formation professionnelle pour l'**axe 5**. Mis à part le faible nombre d'élèves de la formation professionnelle qui est dû au fait que, lors de l'enquête, ces derniers étaient en majorité en déplacement sur le terrain, l'échantillon des participantes et des participants est tout de même représentatif de la réalité des programmes d'études (DEC 271.A0) et de formation (DEP 5273) ciblés. Ainsi, **il apparaît que, globalement, ce projet a reçu un bon accueil dans les établissements d'enseignement, surtout en considérant la période pendant laquelle le questionnaire a été partagé et le contexte de la rentrée scolaire 2020-2021 en pleine pandémie.**



Des élèves du Centre de services scolaire de l'Estuaire travaillent avec l'aide d'outils technologiques dans une volonté de développer leurs compétences numériques. (Photographe : Marie-Claude Bélanger/ImageXpert)



Le Centre de services scolaire de l'Or-et-des-Bois initie les élèves à l'utilisation de divers outils technologiques afin de les aider à développer leurs compétences numériques, et ce, dès le primaire. (Photographe : Mathieu Dupuis)

CHAPITRE 5 : RÉSULTATS ET ANALYSES

Rappelons avant tout que ce travail consiste à l'élaboration d'un outil qui examine un programme sous l'éclairage du numérique et des concepts de la 4^e révolution industrielle. Dans cet ordre d'idées, ce chapitre porte sur les résultats obtenus après avoir éprouvé l'outil sur deux programmes d'études. Il se divise en deux grandes parties; la première présente les résultats communs à plusieurs axes et la seconde les résultats par axe.

Dans la suite de ce travail et le cas échéant, les totaux qui diffèrent de 100 % proviennent de l'absence de réponse, de l'arrondissement à l'entier ou de la réponse « Je ne sais pas ». De plus, dans les rares cas où plus d'une réponse était acceptée pour une question, le total pourrait dépasser 100 %.

Résultats communs à plusieurs axes

Dans cette sous-section, il est question de résultats globaux, c'est-à-dire des résultats des questions qui touchent plusieurs axes.

Définition du terme «industrie 4.0»

Une des questions posées à toutes les personnes participantes concernait leur définition de l'industrie 4.0. Le **Tableau 1** montre les réponses obtenues par programme et par axe. Plusieurs constats s'en dégagent. Tout d'abord il ressort, à partir de la dernière ligne du tableau, 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 TI du programme de formation professionnelle, ne considèrent pas l'industrie 4.0 comme une nouvelle révolution industrielle (pourcentages 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, découle de la précédente révolution industrielle (industrie 3.0).

De la sorte, les personnes diplômées entreront dans le bassin de main-d'œuvre numériquement compétente, et seront moins dépayées dans un environnement minier et dans une société qui intègre de manière croissante les nouvelles technologies.

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 aussi sur la transformation numérique entamée par les entreprises de plusieurs secteurs, y compris le secteur minier.

Tableau 1 : Définition de l'industrie 4.0

À quoi renvoie le terme «industrie 4.0» selon vous ?	CMLVF (en %)				TM (en %)			
	TI	Ens.	Élèv.	Dir.	TI	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
L'ensemble des technologies numériques 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

Formation au numérique

Comme cela est observable sur la **Figure 11**, la thématique de la formation est commune aux axes 2 (équipes TI), 3 (personnel enseignant) et 4 (personnel de direction). Dans cette thématique, il était question de vérifier si le personnel des équipes TI (technologies de l'information), le personnel enseignant et le personnel d'encadrement avaient suivi ou comptaient suivre dans les trois prochaines années une ou des formations en lien avec le numérique et les technologies émergentes. Cela était d'autant plus important qu'avec l'évolution rapide des technologies de l'information, de la communication et de l'enseignement (communément appelé les TICE), il est généralement question de la formation du personnel enseignant au numérique, mais peu de la formation des équipes TI et du personnel d'encadrement. Pourtant, le personnel TI est celui-là même qui soutient, notamment de manière opérationnelle, l'établissement et sa communauté dans tout ce qui est inhérent au numérique, tandis que le personnel d'encadrement est celui qui prend diverses décisions au regard de la stratégie numérique et qui doit gérer l'établissement d'enseignement dans cette ère numérique.

Le **Tableau 2** étaye ce propos, en nous montrant qu'il y a effectivement un besoin de formation sur l'utilisation optimale des nouvelles technologies ou de rehaussement des compétences numériques notamment du personnel des équipes informatiques dans chacun des programmes d'études analysés. Cette formation de l'ensemble du personnel est indispensable au virage numérique du programme d'études et à la mise en œuvre de projets technologiques en cohérence avec la stratégie numérique de l'établissement.

Tableau 2 : Formation au numérique par programme

	Tout à fait en accord		Assez en accord		Peu en accord		Pas du tout en accord	
Avez-vous suivi ou comptez-vous suivre une formation relative au numérique et aux technologies émergentes au cours ...	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)
Personnel TI (axe 2)								
de l'année 2019-2020 ?	43	50	29	0	29	50	0	0
de cette année 2020-2021 ?	57	0	29	50	0	0	14	0
des 3 prochaines années scolaires ?	57	0	29	50	0	0	14	0
Personnel enseignant (axe 3)								
de l'année 2019-2020 ?	0	33	43	42	43	21	14	4
de cette année 2020-2021 ?	43	31	29	39	29	17	0	0
des 3 prochaines années scolaires ?	43	48	43	39	14	4	0	0
Personnel d'encadrement (axe 5)								
de l'année 2019-2020 ?	29	43	14	14	43	43	14	0
de cette année 2020-2021 ?	29	14	14	43	57	29	0	14
des 3 prochaines années scolaires ?	29	29	43	29	29	29	0	14

Il apparaît qu'en 2020-2021⁴ pour le programme d'études professionnelles, 86 % du personnel TI (contre 72 % en 2019-2020), 72 % du personnel enseignant (contre à 43 % en 2019-2020) et seulement 43 % du personnel d'encadrement (même chose en 2019-2020) comptent suivre une formation en lien avec le numérique. Le taux d'augmentation de la formation est remarquable, sauf pour le personnel d'encadrement pour lequel plus de la moitié des membres (57 % = 100 % – 43 %) n'ont pas reçu de formation en 2019-2020 et 2020-2021. De manière analogue, pour le programme d'études collégiales testé, 50 % du personnel TI (même chose en 2019-2020), 70 % du personnel enseignant (comparativement à 75 % en 2019-2020) et 57 % du personnel d'encadrement (même chose en 2019-2020) comptent suivre une formation en lien avec le numérique en 2020-2021. Il n'y a pas de variation significative du taux de formation du personnel qui reste stable de 2019-2020 à 2020-2021.

4 L'enquête a été effectuée à l'automne 2020, c'est-à-dire au début de l'année scolaire 2020-2021.

En outre, aucun de ces taux ne semble franchir le seuil de 90 % en ce qui concerne les trois prochaines années scolaires. Pour mieux comprendre ce phénomène, il a été demandé particulièrement au personnel enseignant les raisons pour lesquelles il n'aurait pas suivi (ou ne suivrait pas) de formations relatives à une utilisation pédagogique du numérique et des technologies émergentes, ainsi que ses motivations à suivre de telles formations. La première raison évoquée par le personnel enseignant de la formation professionnelle est le manque de ressources (financières, en temps, matérielles, etc.) et la seconde raison est la préférence pour les méthodes actuelles, qui pourrait s'apparenter à de la résistance aux changements. Cet état de fait doit être renversé par la sensibilisation et la vulgarisation des concepts qui sous-tendent la 4^e révolution industrielle, ainsi que par la formation et l'accompagnement de l'ensemble du personnel. Au collégial, c'est plutôt la difficulté d'obtenir une formation personnalisée adaptée aux besoins qui est évoquée comme raison principale, et elle est *ex-aequo* avec le manque d'information sur les formations offertes. Dans un contexte sanitaire où les offres de formation à distance ont augmenté exponentiellement, il deviendra de plus en plus facile de trouver des formations qui répondront à des besoins ciblés.

En ce qui a trait aux motivations, les enseignantes et les enseignants des deux programmes analysés se rejoignent, et ont soulevé identiquement le fait de pouvoir mieux soutenir les élèves/étudiant(e)s et de les préparer adéquatement aux divers défis professionnels qui les attendent comme première motivation à suivre des formations. **Ainsi, quel que soit 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.** La deuxième raison évoquée est l'adaptation à la pandémie pour le programme professionnel, et le désir d'augmenter ses compétences du côté collégial.



Résultats de l'axe 1 : le programme 4.0

D'entrée de jeu, rappelons que ce premier axe examine le contenu des cours de chacun des deux programmes par rapport au numérique (Ministère de l'Éducation, 2002, 2008). À partir de thèmes et de sous-thèmes (aussi appelés codes) élaborés par l'Institut national des mines, une méthode systématique d'analyse de données textuelles pour apprécier qualitativement les devis ministériels des programmes a été utilisée.

Analyse de contenu

L'analyse de contenu est une technique d'analyse qualitative qui fait des inférences sur un texte en se basant sur « *le postulat que la fréquence, la séquence, l'ordre d'apparition ou toute autre caractéristique de ces segments ont une signification* » (Lapointe et al., 2012). Un des défis dans la réalisation de l'analyse est donc la définition des thèmes et sous-thèmes qui guideront l'examen. Pour ce faire, Blais et Martineau proposent quatre étapes (2006, p. 14) : « 1. *préparer les données brutes*; 2. *procéder à une lecture attentive et approfondie*; 3. *procéder à l'identification et à la description des premiers thèmes* et 4. *poursuivre la révision et le raffinement des thèmes* ». C'est cette méthode qui a été appliquée, surtout les étapes 1. et 2. Pour les étapes 3. et 4., étant donné que l'objectif est d'apprécier « numériquement » les programmes, les thèmes et sous-thèmes ont été déterminés *a priori*, puis une analyse thématique ou catégorielle a été réalisée, de la même manière que dans les travaux de Lapointe et al. (2012) et de Vanoutrive et al. (2012).

La **Figure 13** illustre les trois thèmes⁵ retenus que sont : les outils numériques, les technologies émergentes, et les familles de compétences numériques. Cela se base sur le simple fait que les ressources technologiques (outils et technologies) et les compétences numériques (pour utiliser adéquatement lesdites ressources) forment la dyade gagnante pour un virage numérique réussi notamment à l'échelle du personnel, du programme et de l'établissement. Chaque thème renferme un éventail de sous-thèmes (ou sous-catégories) pour un total de 30 sous-thèmes. Ces sous-thèmes sont les mêmes qui ont été utilisés dans les questionnaires, comme il sera possible de le remarquer dans les résultats subséquents. Les familles de compétences quant à elles, sont les mêmes que celles de la **Figure 7**.

Le corpus ici est l'ensemble des données textuelles des deux programmes d'études. Le codage (ou étiquetage) du texte a été effectué à l'aide d'un logiciel. À ce sujet, une fois les documents obtenus, le logiciel d'analyse QDA Miner⁶ a été utilisé pour leur examen. Ce logiciel a été choisi parce qu'il offre une version relativement récente (v.2.0.8 de 2017) qui possède les outils de base nécessaires pour extraire et traiter quantitativement les segments de texte, ne requiert pas un long temps d'apprentissage, à l'opposé par exemple de NVIVO ou MAXQDA 11, et, de surcroît, est développé par la compagnie québécoise Recherches Provalis basée à Montréal.

⁵ Les thèmes sont assimilables aux catégories de l'approche inductive de Blais et Martineau (2006).

⁶ <https://provalisresearch.com/fr/produits/logiciel-d-analyse-qualitative/gratuit/>



■ **Figure 13 :** *Thèmes et sous-thèmes utilisés lors de l'analyse de contenu*

Le **Tableau 3** synthétise les informations des deux programmes et les résultats de l'analyse de leur contenu. Le codage consistait à parcourir les documents et à attribuer des sous-thèmes aux segments de texte pertinents, et ce, à l'aide du logiciel. Le cas échéant, il est arrivé qu'on encode un segment de texte avec différents sous-thèmes, contrairement aux «unités de sens» (Blais et Martineau, 2006). Seuls les sous-thèmes occurrence dans au moins un des deux programmes se retrouvent dans ce tableau. De plus, par souci de simplicité, ce sont les familles de compétences qui ont été utilisées. Rappelons que chaque famille comprend plusieurs compétences numériques. Lors du codage, un segment de texte était encodé de l'étiquette d'une famille si une des compétences de ladite famille était mentionnée dans le segment considéré. Par conséquent, seuls «utiliser de façon adéquate et sécuritaire» de la famille «protéger» (soit une compétence sur les quatre de cette famille) ainsi qu'«acquérir des connaissances de façon autonome» et «s'adapter aux changements» de la famille «apprendre» (c'est-à-dire deux compétences sur quatre) étaient occurrence dans les deux contenus.

Tableau 3 : Occurrences des sous-thèmes dans les contenus analysés

	CMLVF	TM		
Synthèse du programme d'études				
Code du programme	5273		271.A0	
Année d'approbation du programme	2002		2008	
Dernière modification			Automne 2017	
Durée totale du programme	630 heures		2 715 à 2 745 heures-contact	
Type de sanction	DEP		DEC	
Outils numériques	Occurrence	%	Occurrence	%
Logiciel	0	0	46	16
Simulation	0	0	2	1
Informatique	0	0	15	5
Technologies émergentes				
Données	0	0	37	13
Familles de compétences				
Communiquer	2	25	7	3
Collaborer	0	0	35	13
Analyser et solutionner	1	13	54	19
Utiliser	1	13	60	21
Protéger	0	0	7	3
Apprendre	1	13	4	1
Chercher	1	13	0	0
Produire	2	25	13	5
Moyenne (score /30 sous-thèmes)	6/30 = 20%		11/30 = 37%	

Ce tableau permet plusieurs observations. En premier lieu, il s'avère que les deux programmes ont été approuvés dans les années 2000, avec la dernière modification en 2017 pour le programme d'études collégiales qui portait sur les critères d'admission. Ainsi, étant donné que la notion d'industrie 4.0 a été mis en lumière pour la première fois vers 2011 (Kagermann et al., 2013) et que les besoins avérés de l'industrie en compétences numériques sont relativement récents, il était envisageable que certaines technologies (exemples : l'Internet des objets, la chaîne de blocs, la cybersécurité, la réalité virtuelle ou l'intelligence artificielle) et certaines compétences numériques (exemples : savoir apprendre à distance

ou de façon autonome, opérer des équipements à distance, éviter la surcharge cognitive) ne paraissent pas dans le tableau. En revanche, plusieurs outils et compétences numériques ont une très faible (ou aucune) occurrence, et ce, bien que le numérique et l'automatisation remontent au siècle précédent (industrie 3.0 ou 3^e révolution industrielle). La présence dans les textes du terme «informatique» est aussi remarquable, puisque si on se replace dans le contexte d'il y a environ 20 ans, ce mot peut faire référence à un éventail d'outils comme les ordinateurs, les logiciels et autres méthodes qui rendent possible le traitement automatique de l'information. C'est la raison pour laquelle «informatique» a été ajouté tel quel aux sous-thèmes du thème «outils numériques» (voir la **Figure 13**).

En second lieu, il est frappant de constater qu'aucun sous-thème des thèmes «outils numériques» et «technologies émergentes» n'a d'occurrence dans le programme d'études professionnelles. De plus, la moyenne globale indique que plus de 60% des 30 sous-thèmes n'apparaissent pas dans les deux programmes. À l'heure où les entreprises minières automatisent leurs opérations et se tournent vers les centres d'opérations à distance et des camions non habités (Australian Mining, 2020, 2021; Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2020), l'absence à la fois d'outils numériques et de technologies émergentes dans un programme est révélatrice de l'écart de compétences qui pourrait être à combler afin d'arrimer les compétences des personnes diplômées aux besoins du secteur minier. Il est à noter que le terme «simulation» apparaît deux fois dans le contenu du programme d'études collégiales et renvoie à un logiciel de simulation. Également, le terme «données», toujours dans le contenu du programme d'études collégiales, peut faire référence à des informations provenant entre autres de données géologiques, géomécaniques, topométriques, géochimiques, minéralogiques, d'analyses statistiques, d'essais en laboratoire, de graphiques et même de documents (Ministère de l'Éducation, 2008). La variété de leur provenance et la richesse d'informations qu'apporte chacune d'elles permettent de conjecturer que, avec l'accroissement de la numérisation des postes de travail, de l'automatisation des processus et de l'opération ou du contrôle à distance, la masse de données générées dépassera rapidement les capacités traditionnelles de gestion, de stockage, de traitement et de sécurisation. Le salut proviendra probablement de solutions alternatives comme l'intelligence artificielle pour laquelle le besoin en compétences ne cessera de croître dans les prochaines années.

En troisième lieu, le faible pourcentage des occurrences des familles de compétences numériques dans les deux programmes, mais surtout dans le programme d'études professionnelles (variation entre 0 et 2), entre en résonance avec l'absence d'outils numériques et de technologies émergentes relevée dans le paragraphe précédent. De fait, dans le programme d'études collégiales, les familles «protéger», «apprendre», «communiquer» et «chercher» ont les plus faibles occurrences dans le document, tandis que les familles «utiliser» et «analyser et solutionner» trônent au sommet des occurrences. Par ailleurs, «adopter une attitude positive face aux changements» technologiques et aux nouvelles situations c'est-à-dire «l'adaptation aux changements» de la famille de compétences «apprendre» est mentionnée au moins une fois dans les deux programmes. Cela traduit une vision prospective des perturbations liées au numérique lors de l'élaboration de ces programmes dans les années 2000. Par ricochet, cela démontre également la nécessité d'actualiser les programmes pour les ajuster à une réalité minière dynamique et innovante qui sera bientôt leur aînée de plus d'une vingtaine d'années.

Résultats de l'axe 2 : les outils 4.0

Rappelons que, dans cet axe, il s'agit de recenser les outils numériques et technologiques dans le programme. Le questionnaire conçu pour cet axe a été rempli uniquement par le personnel de l'équipe informatique de chaque établissement. Les résultats sont présentés par thème comme le montre la **Figure 11**, et s'attardent exclusivement aux *supports* et aux *processus intelligents* puisque le thème *formation au numérique* a été traité dans la section Résultats communs à plusieurs axes.

Supports intelligents

Pour faire cette recension, il a été demandé à chaque personne participante de sélectionner tous les outils et toutes les technologies émergentes disponibles dans l'établissement et utilisables dans le cadre des programmes d'études concernés, et cela, parmi la liste d'outils et de technologies qui lui était proposée. Chaque personne pouvait également ajouter d'autres outils et technologies si ceux-ci n'existaient pas déjà dans la liste.

Le **Tableau 4** montre que les principaux outils numériques 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, Office365, etc.), et que les principales technologies utilisées sont l'infonuagique et la réalité virtuelle, augmentée ou mixte. Les cases en bleu dans ledit tableau mettent en relief les outils et technologies absents du programme. Cela nous informe sur les outils numériques et les technologies manquantes dans les établissements et dans lesquels ces derniers pourraient potentiellement investir. Une de ces technologies dont la présence dans la littérature n'a cessé de croître au cours des dernières années est sans conteste l'intelligence artificielle pour laquelle il existe une kyrielle d'enjeux et de possibilités en éducation (Gaudreau et Lemieux, 2020).



Tableau 4 : Liste des outils et technologies disponibles dans le programme

	CMLVF (%)	TM (%)
Outils numériques		
Téléphone intelligent	71	33
Tablette électronique	29	67
Agenda électronique (Google, Outlook, etc.)	86	67
Outils de webconférence (Skype, Teams, Zoom, FaceTime, etc.)	86	100
Ordinateurs portables ou de table	86	100
Logiciels et didacticiels	43	100
Drones et appareils contrôlés à distance	0	33
Jeux vidéo	14	33
Applications numériques (conception assistée par ordinateur, gestion, etc.)	0	100
Outils en ligne (Office 365, Moodle, ExamStudio, Sondages, Kahoot, etc.)	100	100
Création de films, bandes dessinées, sites Web éducatifs	57	67
Simulateurs d'engins ou d'équipements	57	100
Technologies émergentes		
Réalité virtuelle, augmentée ou mixte	57	67
Intelligence artificielle	0	0
Internet des objets	0	0
Robots et cobots	0	67
Cybersécurité	14	0
Infonuagique	43	100
Simulation numérique	29	67
Impression 3D, maquette 3D	0	67
Données massives	0	0
Analyse avancée	0	0
Configurateur de produits en ligne	0	0
Technologies de traçabilité (capteurs, etc.)	0	0
Jumeau numérique	0	0
Connectivité (4G, LTE, 5G, etc.)	57	33
Opérations autonomes ou contrôlées à distance	0	33
Chaîne de blocs	0	0

Processus intelligents

Dans le but de prendre en compte les aspects de l'environnement éducatif qui ne sont pas directement liés à l'acte d'enseignement, les processus derrière de chacun des programmes ont également été analysés. Le **Tableau 5** regroupe les résultats obtenus. Il indique entre autres que pour le programme d'études professionnelles, plusieurs opérations sont encore effectuées sur du support papier, contrairement au programme collégial où les logiciels qui transfèrent automatiquement les informations semblent plus fréquents.

Comme il a déjà été mentionné, l'industrie 4.0 implique une automatisation intelligente des processus, ce qui pave le chemin vers la gestion d'un établissement assistée par ordinateur, voire 4.0. Le **Tableau 5** permet donc de distinguer les processus à optimiser afin d'améliorer l'efficacité dans le programme, et plus globalement dans l'établissement.

Tableau 5 : Outils et processus dans chaque programme

	Documents sous forme papier		Logiciels de bureautique (Microsoft Word, Excel, etc.)		Logiciels spécialisés ou intégrés		Logiciels transférant automatiquement l'information	
Sur quels supports sont principalement effectués/compilés ...	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)
... la gestion de la formation ?	29	0	57	50	0	50	14	0
... la gestion des feuilles de temps, de la comptabilité ?	57	0	14	0	29	0	0	100
... la gestion des stocks, des achats, des fournisseurs ?	43	0	14	0	29	0	14	50
... la planification des ressources (humaines, matérielles, etc.) ?	14	0	71	0	0	0	14	50
... la gestion des projets numériques ou spéciaux ?	14	0	57	0	14	0	0	50
... la rétroaction du personnel et des élèves ?	14	0	43	0	14	50	29	50

Résultats de l'axe 3 : la pédagogie 4.0

Pour rappel, cette section concerne uniquement le personnel enseignant pour lequel un questionnaire distinctif a été conçu suivant trois thématiques. Dans cette section, il sera question seulement des résultats de la thématique *appropriation du numérique* (**Figure 11**), car ceux de la thématique formation ont déjà été abordés précédemment. Quant à ceux de l'autoévaluation, ils le seront dans la section suivante, afin d'agrégier les résultats, considérant aussi qu'un même référentiel de compétences a été utilisé dans les axes 3 et 4.

Appropriation du numérique

Afin d'estimer l'appropriation du numérique par le personnel enseignant, il lui a été demandé de sélectionner dans une liste tous les outils numériques et toutes les technologies émergentes utilisés dans le cadre pédagogique, « l'utilisation dans le cadre pédagogique » ayant été définie comme une utilisation à des fins éducatives, lors de tâches directement liées aux élèves, à l'enseignement et à l'apprentissage. Le **Tableau 6** présente les pourcentages qui ressortent pour chaque programme. Ce tableau contient également les réponses des personnes apprenantes à cette même question.



Tableau 6 : Outils et technologies utilisés dans un cadre pédagogique

Outils numériques	CMLVF (%)		TM (%)	
	Ens.	Élèv.	Ens.	Étud.
Téléphone intelligent	100	52	83	70
Tablette électronique	43	17	30	12
Agenda électronique (Google, Outlook, etc.)	71	17	65	30
Outils de webconférence (Skype, Teams, Zoom, FaceTime, etc.)	71	24	100	95
Ordinateurs portables ou de table	100	62	96	93
Logiciels et didacticiels	43	7	78	82
Drones et appareils contrôlés à distance	0	3	17	13
Jeux vidéo	0	21	13	3
Applications numériques (conception assistée par ordinateur, gestion, etc.)	29	17	65	38
Outils en ligne (Office 365, Moodle, ExamStudio, Sondages, Kahoot, etc.)	43	17	87	92
Création de films, bandes dessinées, sites Web éducatifs	57	0	22	2
Simulateurs d'engins ou d'équipements	57	72	9	17
Technologies émergentes	Ens.	Élèv.	Ens.	Étud.
Réalité virtuelle, augmentée ou mixte	14	0	17	26
Intelligence artificielle	0	0	4	1
Internet des objets	14	0	4	8
Robots et cobots	0	0	9	1
Cybersécurité	14	3	4	5
Infonuagique	14	3	26	46
Simulation numérique	29	38	26	13
Impression 3D, maquette 3D	0	3	4	5
Données massives	0	3	9	8
Jumeau numérique	0	0	4	0
Connectivité (4G, LTE, 5G, etc.)	43	21	13	40
Opérations autonomes ou contrôlées à distance	14	10	4	24
Aucune de ces technologies	14	31	35	25

Il apparaît que l'accessibilité aux ressources technologiques semble équivalente pour les apprenantes et apprenants et les enseignantes et enseignants. De fait, avec la démocratisation du numérique, les nouvelles technologies ne sont plus l'apanage de quelques personnes, institutions ou firmes spécialisées, mais sont désormais accessibles au plus grand nombre. Il n'est donc pas surprenant de s'apercevoir qu'une proportion plus grande d'élèves mentionne avoir utilisé certains outils et technologies. On peut relever comme exemple les simulateurs d'engins que 72 % des personnes apprenantes déclarent avoir utilisé, comparativement à 57 % pour le personnel enseignant, et ce, pour le programme d'études professionnelles testé. Cette dernière observation reste valable pour le programme d'études collégiales.

Dans le même ordre d'idées, le **Tableau 7** présente les différents aspects que les enseignantes et les enseignants prévoient aborder durant l'année scolaire 2020-2021 dans leur acte d'enseignement. Ce tableau révèle entre autres que la sensibilisation aux notions de cybersécurité est faible. Ce constat est corroboré par le premier portrait de la cybersécurité dans les programmes d'études réalisé par l'Institut national des mines (2021) et est un enjeu primordial pour les entreprises minières (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2019).

Tableau 7 : Le numérique dans l'acte d'enseignement

	Tout à fait vrai		Assez vrai		Assez faux		Tout à fait faux	
Au cours de cette année 2020-2021, les personnes apprenantes dans mon acte d'enseignement...	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)	CMLVF (%)	TM (%)
... utiliseront des outils numériques et/ou des technologies émergentes	14	43	86	39	0	9	0	9
... seront sensibilisées aux notions de cybersécurité	0	4	57	30	43	40	0	26
... seront sensibilisées à l'utilisation éthique et légale du numérique et des technologies	14	4	57	44	29	30	0	22
... me donneront une rétroaction sur l'usage du numérique dans mes actes pédagogiques	14	0	72	65	14	22	0	13
... seront sensibilisées à l'importance du développement de leurs compétences numériques	0	26	57	52	43	18	0	4



Résultats de l'axe 4 : les compétences 4.0

Cet axe, comme il a été mentionné entre autres dans le chapitre précédent, se focalise sur les compétences numériques développées par les personnes apprenantes. Il est question d'une *autoévaluation*, autrement dit de la perception qu'avaient les personnes participantes de leur niveau de compétences.

Autoévaluation des compétences

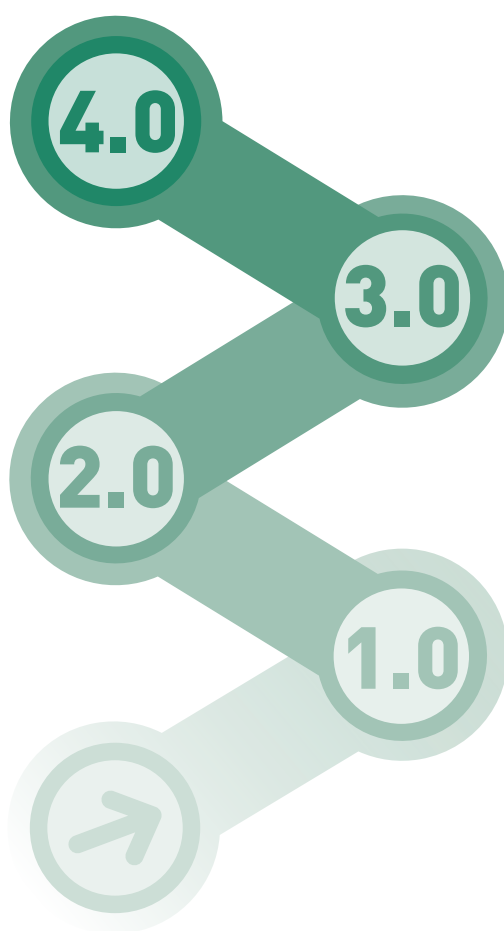
Chaque personne devait autoévaluer ses compétences selon quatre niveaux (voir la **Figure 14**) qui étaient explicités dans le questionnaire. Le fait d'utiliser une échelle a permis d'obtenir des résultats sous forme de score, dont le maximum de 4.0/4.0 correspond au niveau expert.

Expert

appropriation – maîtrise du numérique et des technologies, ainsi que des limites des outils, le cas échéant

Intermédiaire

exploration – découverte des différentes possibilités d'utilisation du numérique et des technologies



Avancé

imprégnation – utilisation adéquate du numérique et des technologies

Débutant

familiarisation – initiation aux rudiments techniques du numérique et des technologies

■ **Figure 14** : Les quatre paliers de l'échelle d'autoévaluation

Le **Tableau 8** donne les scores pour les deux programmes analysés, et ce, pour le personnel enseignant et les personnes apprenantes. Il est une mine d'informations rendue possible parce qu'un référentiel identique a été utilisé à la fois pour le personnel enseignant et pour les personnes apprenantes.

Premièrement, pour le programme d'études professionnelles, le niveau le plus faible chez les personnes apprenantes se trouve dans la famille de compétences « communiquer » (score de 1.9/4.0), suivie de la famille « analyser et solutionner » (score de 2.0/4.0) tandis que chez le personnel enseignant du même programme, c'est plutôt la famille « protéger » (score de 1.4/4.0) qui se trouve au niveau le plus bas. Deuxièmement, ces remarques demeurent vraies pour le programme d'études collégiales, mais avec des scores plus élevés que ceux de la formation professionnelle. Troisièmement, selon les scores globaux au bas du tableau, il s'avère que les étudiants estiment avoir un niveau de compétences numériques supérieur à celui des enseignants, ce qui était envisageable étant donné la démocratisation

Les scores globaux font ressortir que le niveau global de compétence des élèves (score de 2.1/4.0) et des étudiants (score de 2.5/4.0) se trouve entre intermédiaire et avancé, tandis que celui du personnel enseignant se trouve entre débutant et intermédiaire (score de 1.8/4.0) pour le programme d'études professionnelles puis entre intermédiaire et avancé (score de 2.2/4.0) pour le programme d'études collégiales.

du numérique discutée dans les résultats de l'**axe 3**. L'écart enseignant-étudiant dans la perception du niveau de compétences paraît avoir un degré de concordance avec le constat relevé dans le rapport sur les besoins en éducation 2018-2020 et selon lequel le personnel enseignant estimerait que ses compétences numériques sont faibles (Conseil supérieur de l'éducation, 2020, p. 64).

Les résultats du **Tableau 8**, qui ont été arrondis à la première décimale, peuvent

être exploités de diverses façons. Par exemple, le tableau peut servir à reconnaître les lacunes dans les compétences numériques des personnes apprenantes et, ce faisant, permettre au personnel enseignant d'ajuster les scénarios pédagogiques et les actes d'enseignement. De même, il permet au personnel d'encadrement d'identifier les besoins en formation du personnel enseignant et d'orienter ses décisions en conséquence. Il nous renseigne également sur le fait que les besoins par établissement et par programme peuvent être différents, et donc requérir des solutions distinctes. Par ailleurs, gardons à l'esprit que ce tableau ne présente qu'une seule des thématiques de l'**axe 3** et qu'il faudrait lui associer les résultats des autres thématiques du même axe (**Figure 11**) pour obtenir un résultat global pour cet axe.

Tableau 8 : Autoévaluation des compétences numériques

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 Entretenir les 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				
Éviter la surcharge cognitive	2.1	1.9	2.6	2.5
Score global	2.1	1.8	2.5	2.2

Résultats de l'axe 5 : le leadership 4.0

Ce dernier axe du diagnostic examine la stratégie numérique dans les programmes. Avec un questionnaire élaboré exclusivement pour le personnel d'encadrement (exemples : direction générale, direction adjointe, direction du programme, direction des études, etc.), il se structure autour de trois thématiques (voir la **Figure 11**) : la *vision du numérique*, la *stratégie numérique* et la *formation au numérique*. Étant donné que le thème *formation au numérique* pour le personnel d'encadrement a été abordé au début de ce chapitre, cette section se limitera aux deux autres thématiques.

Vision du numérique

La vision du numérique concerne la perception des directions par rapport à la 4^e révolution industrielle et à son influence sur le programme d'études principalement, mais plus globalement sur l'établissement. Ainsi, lorsqu'on leur a demandé quel sera selon elles le degré d'influence de l'industrie 4.0 sur leur établissement au cours des trois prochaines années, 86 % des personnes répondantes des collèges et 57 % de la formation professionnelle ont mentionné une « forte influence », comme l'illustre la **Figure 15**.

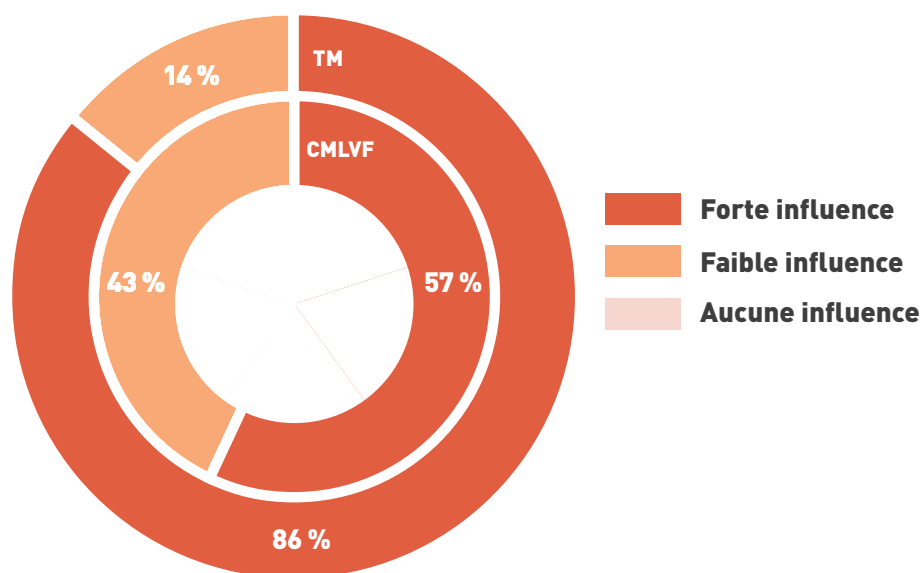


Figure 15 : Degré d'influence de l'industrie 4.0 au cours des trois prochaines années

De fait, les répercussions de la nouvelle révolution industrielle sur les organisations sont indéniables, et ont été abordées au début de ce document. Il semblait toutefois intéressant de regarder quels éléments de l'établissement seraient influencés par l'industrie 4.0 selon les directions.

Le **Tableau 9** contient les réponses obtenues regroupées par ordre de mention pour les deux programmes d'études analysés. Il révèle notamment que pour les deux programmes, les techniques d'enseignement, les compétences du personnel et les emplois sont les éléments qui seront les plus influencés par l'industrie 4.0 dans les trois prochaines années selon les directions. De plus, bien que l'industrie 4.0 pave la voie vers des établissements d'enseignement plus intelligents, les processus dans l'établissement et leur gestion n'arrivent qu'en fin de position pour les deux programmes, et ce, toujours selon les directions des établissements participants.

Tableau 9 : Intégration du numérique dans le programme

	CMLVF	TM
Éléments qui seront les plus influencés par l'industrie 4.0	Par ordre de mention	
Attraction des nouveaux étudiant(e)s	5	5
Les processus et leur gestion (feuilles de temps, commandes, fournisseurs, etc.)	4	
La transformation des emplois	3	2
Les méthodes de travail et de collaboration		4
Les compétences du personnel	2	3
Les techniques d'enseignement	1	1
Freins/verrous à lever pour faciliter l'intégration du numérique	Par ordre de mention	
Manque de ressources financières	2	3
Manque de compétences du personnel	1	
Difficultés d'implantation (peur pertes d'emplois, résistance aux changements, etc.)	5	1
Difficultés à identifier les solutions adéquates		4
Difficultés d'évaluer le retour sur investissement		5
Manque de connaissance sur le sujet	3	
Disponibilité des ressources externes spécialisées	4	2
Investissement technologique dans les 1 à 3 prochaines années	Par ordre de mention	
Réalité virtuelle, augmentée ou mixte	2	4
Cybersécurité	4	2
Infonuagique	5	3
Simulation numérique	1	
Appareils et équipements autonomes	3	
Impression 3D, maquette 3D		1
Données massives et analyse avancée		5

Ce tableau renferme également les principaux freins à lever pour faciliter l'intégration du numérique dans les programmes, et plus globalement dans l'établissement. Il s'agit du manque de compétences du personnel et du manque de ressources financières pour le programme d'études professionnelles, puis de la résistance aux changements et de l'accessibilité aux ressources externes spécialisées pour le programme d'études collégiales. Ces constats font écho au besoin de formation du personnel mis en lumière par les résultats du **Tableau 2**.

La formation en lien avec le numérique et les nouvelles technologies devrait permettre entre autres de démythifier les concepts technologiques qui semblent complexes, d'accroître l'employabilité, l'agilité et les compétences numériques du personnel, de sécuriser les trajectoires professionnelles tout en favorisant l'exercice de ses fonctions, la communication et la collaboration à distance, de former un bassin de personnel qui possède les gammes de compétences appropriées, de réduire la pénurie de main-d'œuvre numériquement qualifiée et, pour terminer, de lever plusieurs des freins relevés plus haut dans cette section.

De plus, il est bien connu que :

« le succès d'une transformation ne nécessite pas seulement une disposition positive des acteurs concernés, il faut aussi développer les capacités individuelles et organisationnelles des membres du personnel nécessaires à sa réalisation. Plus précisément, si les employés ne sont pas formés adéquatement et au bon moment, 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].

Finalement, les membres du personnel d'encadrement ont indiqué que dans les trois prochaines années, ils accorderont une attention particulière aux simulateurs et à la réalité virtuelle, augmentée ou mixte pour le programme d'études professionnelles, puis au 3D et à la cybersécurité pour le programme d'études collégiales. La collecte, le stockage, la manipulation et surtout l'exploitation des données effectués de plus en plus en ayant recours à l'intelligence artificielle se retrouvent en fin du peloton formé par le groupe des cinq technologies dans lesquelles les directions comptent investir dans un futur proche. Cela apporte un éclairage quant à la place accordée aux données dans les établissements et, en corollaire, à la nécessité de la sensibilisation et de la formation à une utilisation convenable des données numériques.

Stratégie numérique

Au-delà de leur vision, il a également été demandé au personnel d'encadrement s'il existait un plan relatif à l'intégration du numérique dans les programmes analysés. À cet égard, relevons d'abord que la dernière mise à jour des plans stratégiques des établissements datait d'au plus trois ans (et de moins d'un an pour les collèges) et comprenait, selon la majorité des personnes répondantes (86 % pour les collèges et 86 % pour les centres de formation professionnelle), un plan numérique. Bien que le contenu de ce plan n'ait pas été abordé dans le questionnaire, le fait d'en avoir un est révélateur de la décision des établissements

Il est important de remarquer que **70 % des directions du programme d'études professionnelles ont déclaré ne pas disposer d'une équipe affectée à la sélection, à la gestion et au développement des projets numériques, contre 43 % du programme d'études collégiales.**

d'enseignement de se tourner résolument vers le numérique. Ce plan devrait servir de feuille de route, ou au moins de balises, lors de la sélection et de la mise en œuvre des projets numériques de l'établissement.

Mis à part le plan numérique, les directions devaient aussi répondre aux questions à propos de l'existence d'un plan de formation et de développement des compétences numériques du personnel. La **Figure 16** expose la symétrie dans les réponses entre les deux programmes analysés. Effectivement, 57 % des directions de la formation professionnelle ont affirmé avoir un plan de formation du personnel, comparativement à 43 % pour le programme d'études collégiales. Cela montre la nécessité d'élaborer un plan de formation du personnel qui s'insérerait notamment dans le plan numérique et s'alignerait sur la stratégie numérique de l'établissement.

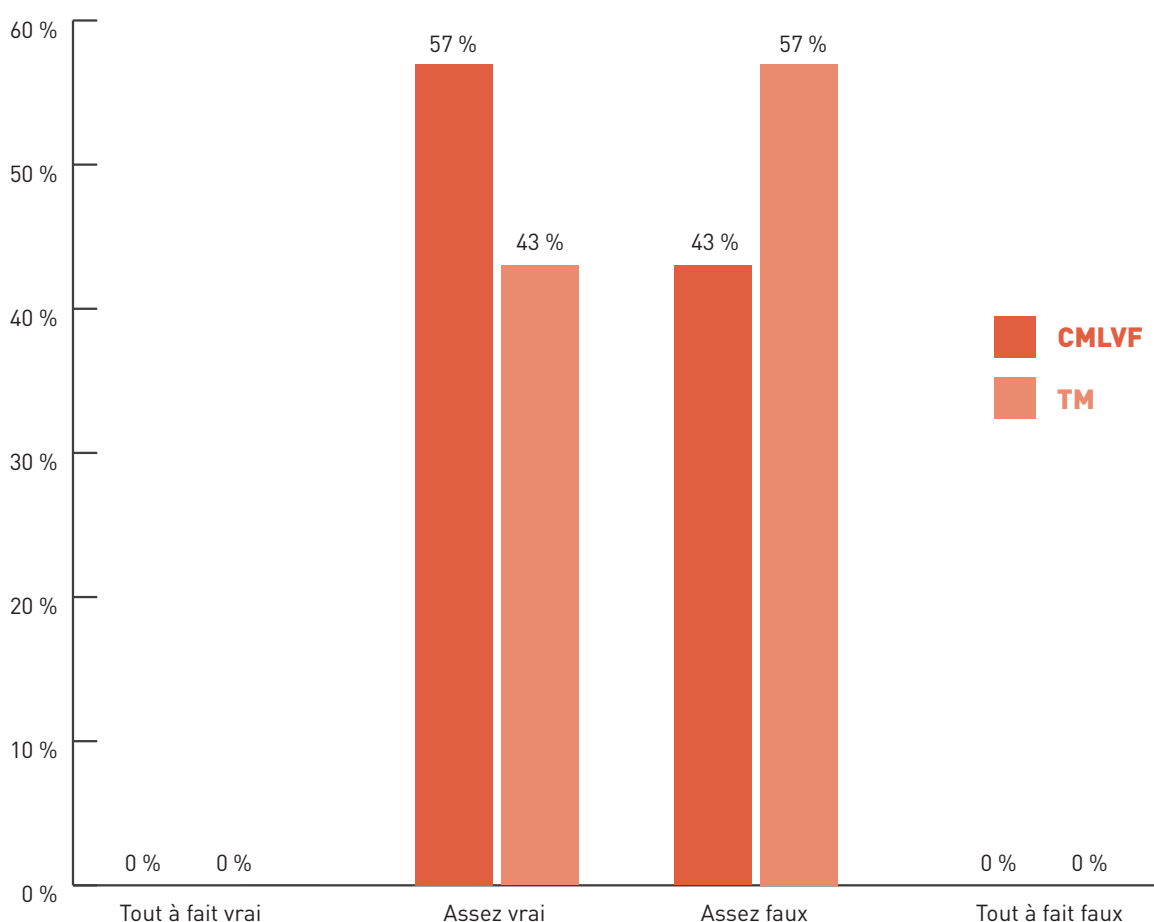
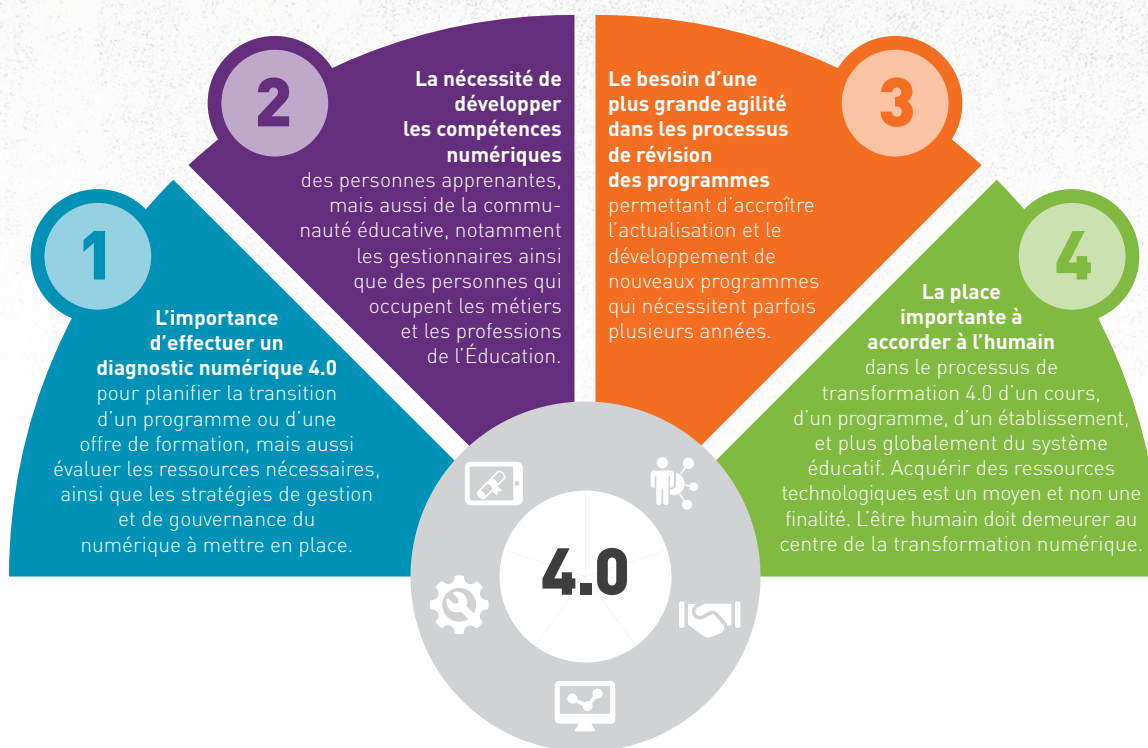


Figure 16 : Existence d'un plan de formation du personnel

CHAPITRE 6 : DISCUSSION GÉNÉRALE

L'outil de diagnostic holistique présenté dans cette étude puis éprouvé sur deux programmes d'études est, à notre connaissance, le premier de la sorte dans le milieu éducatif. Bien qu'il semble ne pas avoir de comparatif, quelques limites restent toutefois à relever, de même que plusieurs difficultés qui sont apparues lors de sa validation. Des utilisations potentielles et des améliorations possibles de l'outil sont également proposées dans cette section, et cela, sans prétention de faire un inventaire exhaustif. Mais avant d'entrer dans le vif du sujet, cette section s'attarde d'abord aux principaux constats qui découlent des résultats.

Principaux constats qui ressortent des résultats



■ **Figure 17 :** Principaux constats de l'étude

En agrégeant les résultats des axes, quelques constats, plus saillants, se dégagent.

- ① Le premier est **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, et 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 d'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 en réaction urgente à la crise sanitaire, que prendre un tournant 4.0 sans stratégie ou plan 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. Ce dernier 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 ainsi qu'une formation et un accompagnement non adaptés aux besoins (Conseil supérieur de l'éducation, 2020, p. 46).

- ② Le second est **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 des 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 nous interpelle 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, 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 hâté par la crise sanitaire. En chemin, 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.
- ③ Le troisième est **le besoin d'une plus grande agilité dans les processus d'actualisation ou de révision des programmes**. Les programmes d'études éprouvés dans cette recherche ont été approuvés initialement il y a plus d'une dizaine d'années. Certes, 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, nous invite (et même nous exhorte) 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. Cela est d'autant plus important que des pays comme l'Australie conduisent actuellement des essais qui visent à améliorer leur système national d'enseignement et de formation professionnels⁷ en ce sens, et ce, afin d'offrir des formations qui sont rapides et propices au secteur minier australien, en plus d'être pertinentes pour la relance économique du pays (Zhou, 2021).
- ④ Le dernier constat est **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 inventifs ne sont pas

7 Traduction libre de l'anglais « *national vocational education and training (VET) system* »

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 des individus, de l'humain.

Par ailleurs, relevons que l'analyse des résultats réalisée par axe ne s'est pas appesantie sur des éléments du profil des personnes répondantes comme le nombre d'années d'expérience ou le diplôme le plus élevé obtenu. Cela se justifie par la répartition éparse de notre échantillon relativement à cet aspect, sans oublier qu'il s'agissait de personnes provenant d'établissements différents. En effet, les personnes répondantes du programme d'études collégiales avaient des diplômes allant du collège aux cycles supérieurs universitaires et des années d'expérience variant de moins de trois ans à plus de dix ans. De leur côté, les personnes participantes du programme d'études professionnelles avaient des diplômes allant de la formation professionnelle au premier cycle universitaire ainsi que des années d'expérience variant de moins de trois ans à plus de dix ans. Rappelons que ce profil peut fournir une clé d'interprétation pertinente de certains résultats, surtout si l'outil est appliqué dans un même établissement.

Difficultés rencontrées lors de l'implémentation de l'outil

Au compte des difficultés, relevons qu'en pratique, l'analyse de contenu dans l'**axe 1** « *se trouve imbriquée dans une impasse où deux contradictions se font face : rester objectif tout en inférant* » (Vanoutrive et al., 2012), en plus du fait qu'un temps a été nécessaire pour découvrir, comprendre et adopter le logiciel d'analyse. De son côté, la recension des outils numériques et des technologies émergentes dans l'**axe 2** n'a pas été réalisée dans le sens strict d'un audit. De façon rigoureuse, l'audit devait s'effectuer en se déplaçant dans chacun des établissements afin d'évaluer effectivement les quantités, en plus de la qualité des ressources technologiques disponibles. De plus, plusieurs technologies proposées dans les choix de réponses (surtout dans l'**axe 3**) semblaient méconnues de certaines personnes répondantes. Si on peut supposer qu'une définition de chacune d'elle dans les questionnaires aurait été idéale, il a plutôt été considéré que le fait de ne pas connaître une technologie était en soi un résultat. Un autre élément à souligner est le fait que la majorité des élèves du programme de la formation professionnelle étaient sur le terrain lors de l'enquête, alors que le moment semblait propice pour le programme collégial. Cela peut justifier le contraste dans les taux de participation dans l'**axe 4**, mais aussi soulève la difficulté du « meilleur moment » d'une enquête pour des programmes de deux ordres d'enseignement distincts, et ce, dans un contexte pandémique. En outre, plusieurs questions semblaient complexes dans l'**axe 5** puisque généralement les décisions des directions concernent plusieurs ou l'ensemble des programmes offerts dans l'établissement, mais pas un programme unique. Pour finir, mentionnons que la situation sanitaire qui prévaut depuis l'hiver 2020 et qui perdurait encore lors de l'enquête et de la rédaction de ce rapport est à l'origine du cadre virtuel qui a entouré d'une manière péremptoire tous les aspects de cette étude. Elle a probablement teinté quelques réponses sans toutefois entacher la portée des résultats, puisque le nombre de questions ouvertes ou à développement dans les questionnaires était très faible.

Limites de l'outil de diagnostic

En considérant les quatre stades non hiérarchisés du processus d'intégration pédagogique des technologies du modèle de Raby (Lefebvre et Fournier, 2014; Raby, 2004), il faut relever que cette recherche s'est intéressée à l'utilisation pédagogique des outils numériques (stade 4), au détriment de l'utilisation professionnelle (stade 3), de l'utilisation personnelle (stade 2) et de la sensibilisation (stade 1). Il est également possible de porter à l'actif de ses limites le fait que, sous sa forme actuelle, l'outil de diagnostic n'est pas chiffré, c'est-à-dire qu'il ne fournit pas un score global ni une échelle de maturité au sens propre comme dans d'autres secteurs (Capgemini Consulting, 2018; Jobin et Lagacé, 2014; Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2017, 2019a). À ce sujet, il a été validé sur deux programmes d'études offerts par des établissements d'enseignement distincts. Cet état de fait complexifie la création d'un système de pointage et d'une échelle de maturité numérique d'un programme, notamment du fait de l'hétérogénéité des ressources (financières, humaines, numériques, matérielles, etc.). Par ailleurs, cet outil ne prend pas explicitement en compte le personnel professionnel et de soutien administratif. Il est toutefois possible d'y remédier en ajoutant de tels axes aux cinq autres. Pour terminer, remarquons que chaque axe a été considéré individuellement et que les dynamiques interaxiales n'ont pas été analysées, en plus du fait que l'analyse qualitative réalisée n'est pas absolue (Blais et Martineau, 2006), mais plutôt contextuelle, selon les concepts sous-jacents à la 4^e révolution industrielle.

Améliorations potentielles du diagnostic

À la lumière des limites présentées, quelques améliorations notables transparaissent. En l'occurrence, étant donné que les sous-thèmes dans cette étude ont été élaborés *a priori*, il serait judicieux de procéder à une analyse inductive générale et de la sorte, de faire émerger *a posteriori* les sous-thèmes que renferment les programmes. Cette analyse pourrait notamment être effectuée avant et après toute modification du programme. De plus, il serait intéressant d'adjoindre à l'enquête des méthodes qualitatives de collecte de données telles que les entrevues semi-dirigées ou les discussions de groupe (Gaudet et Robert, 2018). À cet égard, l'absence d'occasions de clarifier les propos, de moyens de vérifier que les personnes participantes ont répondu à toutes les questions, et les possibilités restreintes d'aller en profondeur dans certaines questions sont autant de désavantages des questionnaires. L'entrevue semi-dirigée permettrait d'obvier à ces inconvénients et d'obtenir plus d'informations factuelles sur les processus, les habitudes et les expériences, bonifiant par le fait même la qualité des résultats. Une attention particulière devrait également être portée aux exemples d'utilisation des outils numériques et des technologies émergentes que les personnes apprenantes doivent fournir dans leurs réponses, et ce, afin de ne pas tenir pour acquis que celles-ci ont une connaissance et des compétences suffisantes pour utiliser proprement les ressources technologiques dans un contexte professionnel. Enfin, une autre amélioration serait l'élaboration d'une grille d'autodiagnostic numérique. Cette version succincte et disponible en ligne permettrait aux établissements d'autodiagnostiquer leur maturité numérique, d'une manière semblable à ce qui est effectué par le ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec pour les entreprises (Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2019a).

Exemples d'utilisation de l'outil

Portrait numérique d'un établissement d'enseignement

L'outil de diagnostic dresse un état des lieux numérique d'un programme d'études à partir de cinq axes de base qui prennent en compte chacun des éléments essentiels du système éducatif. À partir de ce résultat, il est possible d'effectuer le portrait numérique d'un établissement d'enseignement à partir de l'état des lieux numérique de tous les programmes offerts par l'établissement. Cette « photographie numérique » pourra constituer le point de départ ou de référence de l'établissement dans son virage numérique et dans le développement des compétences numériques du personnel. Les compétences manquantes à développer par ce personnel et par les personnes apprenantes, au même titre que les orientations éventuelles de futurs investissements en lien avec le numérique, se dégagent du diagnostic qui non seulement contribue ainsi à l'élaboration ou à la mise en œuvre des plans d'action numérique, mais encore alimente la réflexion sur le concept de *formation 4.0* qui va bien au-delà de la seule intégration des ressources technologiques dans un programme ou même dans un établissement d'enseignement. Au surplus, en réalisant son portrait numérique à une fréquence régulière, l'établissement pourra notamment apprécier sa progression dans l'atteinte de ses objectifs relatifs au numérique, tout autant que les efforts consentis par sa communauté.

Un état des lieux numérique de l'ensemble des établissements d'enseignement du Québec permettrait de brosser le premier portrait numérique de l'éducation au Québec et de mieux envisager le virage numérique du système éducatif.

Révision des programmes d'études

Les résultats de l'application de l'outil mettent en évidence la possibilité de recourir au diagnostic numérique 4.0 pour aider la révision des programmes d'études. À ce propos, l'analyse de contenu (**axe 1** du diagnostic) donne une vue macroscopique en termes d'outils et de compétences numériques pris en compte dans le programme, fournissant ainsi une façon tangible de mesurer la valeur ajoutée d'éventuelles modifications. Dans le même sens, en ciblant les besoins relatifs au numérique de la communauté éducative, l'outil permet d'optimiser et d'assouplir le processus d'actualisation des programmes. Par conséquent, il fournit une solution de remplacement, celle de mieux (ou rapidement) répondre aux besoins actuels et futurs des employeurs, autrement dit, de mieux s'arrimer aux besoins du marché du travail, de favoriser le maintien en emploi et les reconversions professionnelles, ainsi que de doter le personnel et les personnes apprenantes de compétences émergentes qui revêtent un intérêt particulier en vue de la reprise post-pandémie.

Transférabilité de l'outil de diagnostic

L'outil de diagnostic comporte cinq axes qui peuvent être utilisés indépendamment les uns des autres. Il offre aussi la possibilité d'en ajouter selon la réalité de chaque établissement ainsi que celle d'utiliser un référentiel de compétences adapté à chaque catégorie de personnel. De plus, bien qu'il ait été conçu par l'Institut national des mines puis validé sur des programmes du secteur minier au Québec, il s'agit d'un outil qui se veut transférable à d'autres programmes, à d'autres secteurs d'activité et à d'autres ordres d'enseignement.

CONCLUSION

Ce projet avait pour objectif de concevoir un outil permettant de diagnostiquer numériquement un programme d'études. Cet objectif a été atteint et l'outil holistique élaboré se structure autour de cinq axes de base qui ont été détaillés dans les chapitres précédents et qui prennent en compte dans leur ensemble, les dimensions essentielles du système d'enseignement. Par la suite, la robustesse de l'outil a été éprouvée sur deux programmes d'études professionnelles et collégiales. Les faits saillants découlant des résultats ont également été présentés. En substance, **il en ressort le besoin de développer les compétences numériques de la future main-d'œuvre, c'est-à-dire des personnes apprenantes d'aujourd'hui, mais également celles des différentes catégories de personnel des établissements d'enseignement.** Et moyennant un accompagnement qui répond à ses besoins, ce personnel est favorable à l'utilisation des ressources technologiques et est prêt à être formé pour développer ou perfectionner ses compétences numériques.

C'est ce même constat que montre la **Figure 17** dans laquelle le personnel enseignant et les directions semblent presque unanimes (avec 100 % des directions et 72 % du personnel enseignant du programme d'études professionnelles globalement «en accord», ainsi que 100 % des directions et 96 % du personnel enseignant du programme d'études collégiales également «en accord») quant à l'introduction des concepts de l'industrie 4.0 dans les programmes d'études lors de leur prochaine révision.

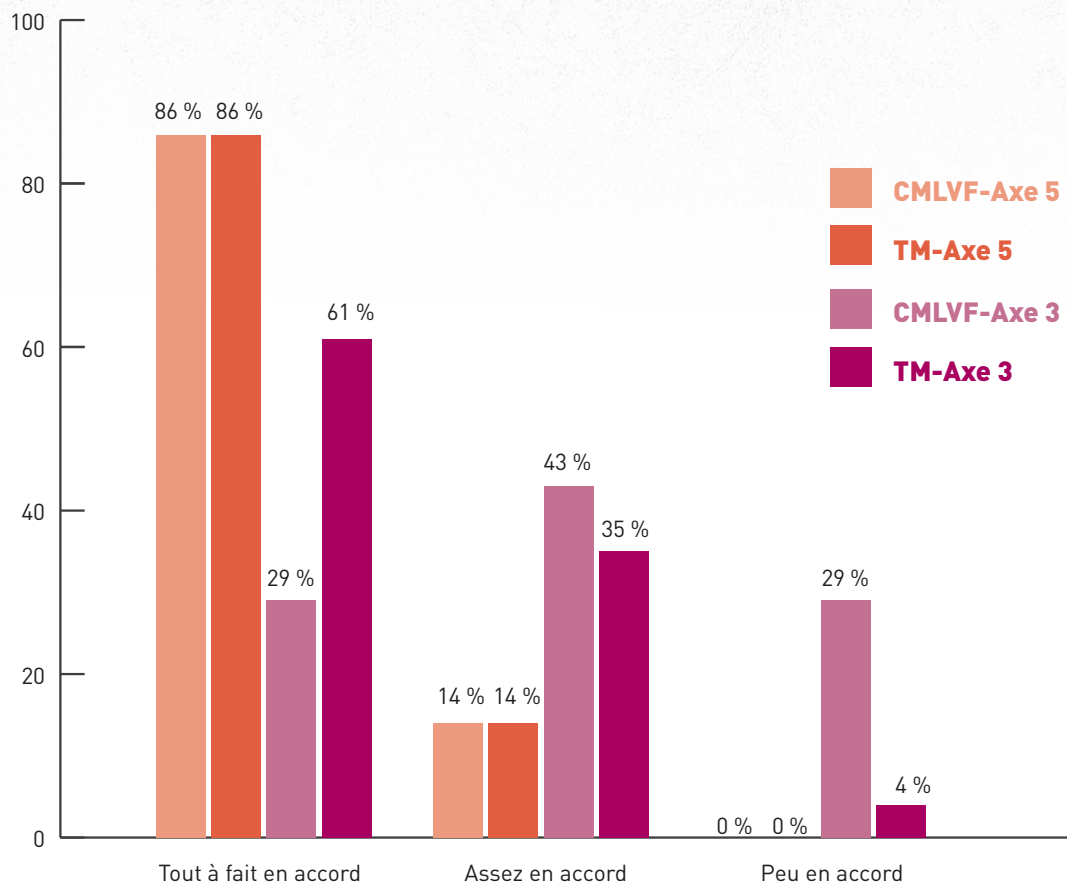


Figure 18 : Inclusion de l'industrie 4.0 dans les programmes d'études

Ainsi, après avoir passé l'épreuve de la validation, l'outil peut désormais être déployé à plus grande échelle. À ce sujet, **la 4^e révolution industrielle est en marche et l'horizon 2025 est apparu dans la littérature comme un moment-clé selon divers auteurs**. Citons par exemple, le Forum économique mondial qui, dans son rapport du mois d'octobre 2020 sur l'avenir de l'emploi souligne, en guise de résultats d'une enquête effectuée auprès d'organisations dans 26 pays représentant collectivement 80 % du PIB mondial et plus de 7,7 millions d'employées et employés de 15 secteurs (notamment minier, manufacturier, automobile, public, de l'énergie, des technologies de l'information et de la communication, des finances, de la santé et de l'éducation), que (Forum économique mondial, 2020) :

- ▷ « d'ici 2025 l'adoption des technologies par les entreprises transformera les tâches, les emplois et les compétences »;
- ▷ « d'ici 2025, le temps consacré aux tâches courantes de travail par les humains et les machines sera égal »;
- ▷ « d'ici 2025, 85 millions d'emplois pourraient être transformés, tandis que 97 millions de nouveaux rôles, plus adaptés à la nouvelle séparation des tâches entre humains, machines et algorithmes, verraient le jour »;
- ▷ « d'ici 2025, les employeurs s'attendent à offrir une requalification et un rehaussement des compétences à un peu plus de 70 % de leurs employés »⁸

L'outil de diagnostic revêt donc un caractère pratique et stratégique quant au rendez-vous de 2025.

Par ailleurs, au-delà des pistes d'amélioration relevées dans le chapitre précédent, plusieurs pistes de recherche future se profilent. De fait, les compétences numériques étant de plus en plus nécessaires pour sécuriser les trajectoires professionnelles, il serait opportun de documenter les formations effectivement reçues, les requalifications effectuées et les compétences numériques développées tout au long de la vie des membres de la communauté éducative. Une telle documentation permettra notamment de mieux peaufiner les formations proposées à chaque catégorie de personnel de la communauté éducative. Également, on pourrait étudier les effets du numérique sur l'attraction de la population étudiante et d'un personnel numériquement compétent dans les établissements d'enseignement. L'outil étant testé sur des programmes d'études professionnelles et collégiales, il serait également intéressant de l'appliquer sur des disciplines universitaires et, par la suite, de faire une analyse comparative entre les ordres d'enseignement. Finalement, il serait pertinent d'appliquer l'outil de diagnostic sur plusieurs établissements d'enseignement. À partir de cette évaluation, une échelle de maturité numérique adaptée au secteur éducatif (avec la définition d'un score global par établissement idéalement sur 4.0) pourra être construite et une feuille de route vers le numérique ajustée à la réalité éducative serait proposée, et ce, tout en alimentant la réflexion autour de la *formation 4.0* et d'une vision prospective 2025 (et même 2030) des établissements d'enseignement du Québec.

8 Traduction libre.



Chez Agnico Eagle au complexe minier LaRonde, Marc St-Pierre, spécialiste en automatisation des équipements mobiles, veille à l'implantation de nouvelles technologies notamment la téléopération sous terre à partir de la surface. (Photographe : Mathieu Dupuis)

RÉFÉRENCES

- Accenture. (2014). *Accenture Global Digital Mining Survey*. https://www.accenture.com/t20151021t095019__w__/fi-en/_acnmedia/accenture/conversion-assets/dotcom/documents/global/pdf/industries_8/accenture-digital-mining-survey-global-results-infographic.pdf
- Association québécoise des cadres scolaires. (2008). *Référentiel de compétences des gestionnaires scolaires*. Association québécoise des cadres scolaires. https://www.aqcs.ca/wp-content/uploads/2015/11/Referentiel_competchences_AQCS.pdf
- Australian Mining. (2020). The evolution of remote mine workers. *Safe to Work*. <https://safetowork.com.au/the-evolution-of-remote-mine-professions/>
- Australian Mining. (2021). Australia paves way to autonomous mining. *Safe to Work*. <https://safetowork.com.au/australia-paves-way-to-autonomous-mining/>
- Banque de développement du Canada. (2017). *Industrie 4.0 : La nouvelle révolution industrielle. Les fabricants canadiens sont-ils prêts ?* <https://bridgr.co/wp-content/uploads/2017/06/bdc-etude-manufacturing-fr.pdf>
- Blais, M., et Martineau, S. (2006). L'analyse inductive générale : Description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes. *Recherches qualitatives*, 26(2), 1-18.
- Boudreault, M.-A. (2018). Les compétences du 21^e siècle. *Réseau d'information pour la réussite éducative (RIRE)*. <http://rire.ctreq.qc.ca/2018/07/competences-21e-siecle-2/>
- Capgemini Consulting. (2018). *Industry 4.0 Maturity Model – Mirroring today to sprint into the future*. <https://www.capgemini.com/fi-en/2018/09/industry-4-0-maturity-model-mirroring-today-to-sprint-into-the-future/>
- 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
- CSMO Mines. (2017). *Guide des carrières de l'industrie minière*. Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines. https://exploreslesmines.com/images/Guide_des_carri%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'œuvre 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'œuvre du secteur minier au Québec 2019-2023 avec tendances 2028*. Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines. https://www.exploreslesmines.com/images/pdf/Section_corporative/Publications/Etudes_sectorielles/EBMO_final.pdf

Deloitte. (2017a). *The digital mine. What does it mean for you ?* <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/au/Documents/energy-resources/deloitte-au-er-digital-mine-030817.pdf>

Deloitte. (2017b). *The digital revolution : Mining starts to reinvent the future.* <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/energy-and-resources/articles/gx-digital-revolution.html>

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>

Deloitte Insights. (2020). *The Fourth Industrial Revolution. At the intersection of readiness and responsibility.* https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/human-capital/Deloitte_Review_26_Fourth_Industrial_Revolution.pdf

Ernst & Young. (2019a). *Future of work : The economic implications of technology and digital mining.* <http://minerals.org.au/sites/default/files/190214%20The%20Future%20of%20Work%20The%20economic%20implications%20of%20technology%20and%20digital%20mining.pdf>

Ernst & Young. (2019b). *The Future of Work : The Changing Skills Landscape for Miners A report for the Minerals Council of Australia.* <https://minerals.org.au/sites/default/files/190214%20The%20Future%20of%20Work%20the%20Changing%20Skills%20Landscape%20for%20Miners.pdf>

Fayol, N., Fleurisson, J.-A., Groscurin, D., Gunzburger, Y., Jébrak, M., et Marquis, R. (2020). *Portrait des compétences numériques des personnels de l'industrie minière en Nouvelle-Calédonie Enquête CNRT-Mine du Futur* (p. 26 pages). Programme « Mine du Futur ». CNRT « Nickel et son environnement. <https://cnrt.nc/wp-content/uploads/2020/07/CNRT-Mine-du-Futur-Portrait-Compe%CC%81tences-Nume%CC%81riques-1.pdf>

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. (2018). *The Future of Jobs.* http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf

Forum économique mondial. (2019). *Towards a Reskilling Revolution : Industry-Led Action for the Future of Work.* http://www3.weforum.org/docs/WEF_Towards_a_Reskilling_Revolution.pdf

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

Gaudet, S., et Robert, D. (2018). Choisir des outils pour réaliser un terrain de recherche. Dans *L'aventure de la recherche qualitative. Du questionnement à la rédaction scientifique* (Ottawa, Ontario, p. 81-120). Presses de l'Université d'Ottawa.

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, 26p. <https://www.cse.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2020/11/50-2113-ER-intelligence-artificielle-en-education-2.pdf>

Gouvernement du Canada. (2015). *Comprendre les compétences essentielles*. <https://www.canada.ca/fr/emploi-developpement-social/programmes/competences-essentielles/definition.html>

Gravelle, F., Diakhate, D., Frigon, N., et Monette, J. (2019). *Gestion des établissements d'enseignement à l'ère de l'implantation du numérique*. Le 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, le Conference Board du Canada. https://www.conferenceboard.ca/temp/13974989-1664-4ec3-80bd-001742c0ef0f/24354_10632_FSC_Automation_Issue_Briefing_FR.pdf

Institut national des mines. (2018). *Transformation numérique et compétences du 21^e 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). *Portrait numérique de l'industrie minière au Québec*. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/inmq_portrait_numerique.pdf

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*. https://inmq.gouv.qc.ca/medias/files/Publications/Rapports_de_recherche/INMQ-Portrait-Cybersecurite.pdf

Jobin, M.-H., et Lagacé, D. (2014). La démarche Lean en santé et services sociaux au Québec : Comment mesurer la maturité des établissements? *Gestion*, 39(3), 116-127.

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

Kagermann, H., Wahlster, W., et Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Acatech, München. <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>

Karsenti, T. (2019). *Compétences essentielles pour que toutes les apprenantes et tous les apprenantssoient prêts dès aujourd'hui pour le monde de demain*. <http://www.pedagogie.ac-aix-marseille.fr/upload/docs/application/pdf/2019-11/23competences.pdf>.

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>
- Lefebvre, S., et Fournier, H. (2014). Utilisations personnelles, professionnelles et pédagogiques des TIC par de futurs enseignants et des enseignants. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 11(2), 38-51.
- Löw, J., Abrahamsson, L., et Johansson, J. (2019). Mining 4.0—The Impact of New Technology from a Work Place Perspective. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 36, 701-707.
- McKinsey & Company. (2015). *How digital innovation can improve mining productivity*. <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/how-digital-innovation-can-improve-mining-productivity>
- Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2017). *L'Industrie 4.0 : Enquête auprès des entreprises manufacturières du Québec. Rapport d'analyse*. Une étude Léger. https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/publications/etudes_statistiques/secteur_manufacturier/enquete_industrie_4.0.pdf
- Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2019a). ADN 4.0 – Autodiagnostic. *Institut technologique de maintenance industrielle (ITMI)*. <https://sondage.economie.gouv.qc.ca/index.php/159143?lang=fr#>
- Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2019b). *Rapport : L'Industrie 4.0. Sondage auprès de PME québécoises du secteur manufacturier*. https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/publications/etudes_statistiques/secteur_manufacturier/enquete_industrie4_2019.pdf
- Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2019c). *Vecteurs économie et innovation – Le bénéfice financier de requalifier la main-d'œuvre*. https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/vecteurs/vecteurs-actualites/vecteurs-actualites-details/?no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=23276&tx_ttnews%5Bcat%5D=&cHash=c12b3dd1348ea5dae9733985ead4ac20
- Ministère de l'Éducation. (2002). *Conduite de machinerie lourde en voirie forestière (5273)*. Programme d'études professionnelles.
- Ministère de l'Éducation. (2008). *Technologie minérale (271.A0)*. Programme d'études collégiales.
- Ministère de l'Éducation. (2020). *Référentiel de compétences professionnelles—Profession enseignante*. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications->

adm/devenir-enseignant/referentiel_compétences_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. (2019a). *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. (2019b). *Guide pédagogique. Cadre de référence de la compétence numérique*. http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/guide-cadre-reference-num.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/adm/min/energie-ressources-naturelles/publications-adm/plan-strategique/PL_valorisation_mineraux_critiques_strategiques.pdf?1618857094

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

Mitchell, P., Downham, L., et Van Dinter, A. (2019). Top 10 business risks and opportunities – 2020. *Ernst & Young Global Mining & Metals*. https://www.ey.com/en_gl/mining-metals/10-business-risks-facing-mining-and-metals

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>.

Pinard, R., Potvin, P., et Rousseau, R. (2004). Le choix d'une approche méthodologique mixte de recherche en éducation. *Recherches qualitatives*, 24(1), 58-80.

Poellhuber, B. (2006). Un référentiel de compétences technopédagogiques pour le personnel enseignant. *profweb*. <https://www.profweb.ca/publications/dossiers/un-referentiel-de-competes-technopedagogiques-pour-le-personnel-enseignant>

PriceWaterhouseCoopers. (2020). *La main-d'œuvre de l'avenir*. <https://www.pwc.com/ca/fr/services/consulting/digital-iq/workforce-of-the-future.html>

Raby, C. (2004). *Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des technologies de l'information et de la communication en*

classe. *Thèse de doctorat*. Université du Québec à Montréal. <https://tel.archives-ouvertes.fr/edutice-00000750/document>

Rockwell Automation. (2019). *At a crossroads : The connected mine evolution*. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/min-wp003_-en-p.pdf

Rockwell Automation. (2020). *A connected workforce strikes gold : Mining for digital era talent*. https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/wp/min-wp005_-en-p.pdf

Romero, D., Stahre, J., et Taisch, M. (2020). The Operator 4.0 : Towards Socially Sustainable Factories of the Future. *Computers & Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106128>

Romero, D., Stahre, J., Taisch, M., Wuest, T., Noran, O., Bernus, P., Fast-Berglund, Å. A. F., et Gorecky, D. (2016). The Operator 4.0 : Towards Socially Sustainable Factories of the Future on the fourth industrial revolution technologies. *Conference : International Conference on Computers & Industrial Engineering (CIE46)*. Tianjin, China, p. 1-11. https://www.researchgate.net/publication/309609488_Towards_an_Operator_40_Typology_A_Human-Centric_Perspective_on_the_Fourth_Industrial_Revolution_Technologies

Sirinanda, K. (2019). The New Dawn of Mining. *Mining global*. <https://www.miningglobal.com/magazine/mining-global/february-issue-mining-global-live>

Sishi, M. N., et Telukdarie, A. (2018). Implementation of industry 4.0 technologies in the mining industry : A case study. *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*.

STIQ. (2020). Le baromètre industriel québécois. Un portrait unique du secteur manufacturier québécois. *Sous-Traitance Industrielle Québec, 11^e édition*. <https://www.stiq.com/wp-content/uploads/2018/05/STIQ-Barom%C3%A8tre-11%C3%A9dition-web.pdf>

The Future Economy. (2019). *A Digital Transformation Roadmap for Quebec's SMEs*. <https://thefutureeconomy.ca/spotlights/quebec-digital-transformation/pierre-fitzgibbon/>

Vanoutrive, J., Derobertmeasure, 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>

Watson, W. T. (2017). *From technology to people : The new frontier in mining cyber risk* *Mining Risk Review 2017*. <https://www.willistowerswatson.com/en/insights/2017/09/mining-risk-review-from-technology-to-people-the-new-frontier-in-mining-cyber-risk>

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

ANNEXES

Cette partie comporte quatre sections :

- ▷ l'annexe 1 qui montre la matrice des compétences INMQ – MEES;
- ▷ l'annexe 2 qui donne la matrice des compétences INMQ – Étude internationale;
- ▷ l'annexe 3 qui contient la matrice modifiée des compétences INMQ – MEES;
- ▷ l'annexe 4 qui présente la matrice modifiée des compétences INMQ – Étude internationale.

ANNEXE 1 : MATRICE INMQ - MEES

Compétences : INMQ (de 1 à 23) et les 12 dimensions de la compétence numérique MEES (de A à L)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												
9.												
10.												
11.												
12.												
13.												
14.												
15.												
16.												
17.												
18.												
19.												
20.												
21.												
22.												
23.												

- A. Citoyen éthique
- B. Maîtrise des outils
- C. Apprendre
- D. Chercher
- E. Communiquer
- F. Collaborer
- G. Produire
- H. Besoins/ inclusion
- I. Développement professionnel
- J. Résoudre des problèmes
- K. Pensée critique
- L. Créer

- 1. Comprendre
- 2. Valider
- 3. Transmettre
- 4. Partager ses connaissances
- 5. Faire appel aux autres
- 6. Leadership positif
- 7. Ouverture
- 8. Traiter et interpréter
- 9. Trouver des solutions
- 10. Juger et prendre des décisions
- 11. Formuler des recommandations
- 12. Déterminer les outils pertinents
- 13. Maîtriser l'usage des outils
- 14. Opérer des appareils à distance
- 15. Entretenir les équipements numériques
- 16. Utiliser de façon adéquate et sécuritaire
- 17. Protéger les données personnelles et corporatives
- 18. Adopter des comportements virtuels appropriés
- 19. Gérer les risques
- 20. Acquérir des connaissances de façon autonome
- 21. Savoir apprendre en mode virtuel
- 22. S'adapter aux changements
- 23. Améliorer les pratiques (innovation)

 Corrélation entre les compétences

 Absence de corrélation entre les compétences

ANNEXE 2 : MATRICE INMQ - ÉTUDE INTERNATIONALE

Compétences : INMQ (de 1 à 23) et Étude internationale (de A à W)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1.																							
2.																							
3.																							
4.																							
5.																							
6.																							
7.																							
8.																							
9.																							
10.																							
11.																							
12.																							
13.																							
14.																							
15.																							
16.																							
17.																							
18.																							
19.																							
20.																							
21.																							
22.																							
23.																							

 Corrélation entre les compétences

 Absence de corrélation entre les compétences

- A. Citoyenneté éthique
- B. Apprendre à apprendre
- C. Culture informationnelle
- D. Collaboration
- E. Communication
- F. Production de contenu
- G. Compétence entrepreneuriale
- H. Posture de développement professionnel
- I. Résolution de problèmes
- J. Pensée critique
- K. Innovation, création, curiosité
- L. Recevoir, demander et offrir de l'aide
- M. Flexibilité cognitive
- N. Prise de risques, négociation
- O. Engagement, résilience
- P. Autonomie
- Q. Empathie, habiletés humaines
- R. Inclusion dans notre société
- S. Surcharge cognitive
- T. Gestion des tâches
- U. Gestion des personnes
- V. Évaluation, faire sens, réflexion, compréhension
- W. Compétence technologique

- 1. Comprendre
- 2. Valider
- 3. Transmettre
- 4. Partager ses connaissances
- 5. Faire appel aux autres
- 6. Leadership positif
- 7. Ouverture
- 8. Traiter et interpréter
- 9. Trouver des solutions
- 10. Juger et prendre des décisions
- 11. Formuler des recommandations
- 12. Déterminer les outils pertinents
- 13. Maîtriser l'usage des outils
- 14. Opérer des appareils à distance
- 15. Entretenir les équipements numériques
- 16. Utiliser de façon adéquate et sécuritaire
- 17. Protéger les données personnelles et corporatives
- 18. Adopter des comportements virtuels appropriés
- 19. Gérer les risques
- 20. Acquérir des connaissances de façon autonome
- 21. Savoir apprendre en mode virtuel
- 22. S'adapter aux changements
- 23. Améliorer les pratiques (innovation)

ANNEXE 3 : MATRICE MODIFIÉE INMQ - MEES

Compétences INMQ modifié (1 à 30) et les 12 dimensions de la compétence numérique MEES (de A à L)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1.												
2.												
3.												
4.												
5.												
6.												
7.												
8.												
9.												
10.												
11.												
12.												
13.												
14.												
15.												
16.												
17.												
18.												
19.												
20.												
21.												
22.												
23.												
24.												
25.												
26.												
27.												
28.												
29.												
30.												

 Corrélation entre les compétences

 Absence de corrélation entre les compétences

- A. Citoyen éthique
 - B. Maîtrise des outils
 - C. Apprendre
 - D. Chercher
 - E. Communiquer
 - F. Collaborer
 - G. Produire
 - H. Besoins/ inclusion
 - I. Développement professionnel
 - J. Résoudre des problèmes
 - K. Pensée critique
 - L. Créer
-
- 1. Comprendre
 - 2. Valider
 - 3. Transmettre
 - 4. Partager ses connaissances
 - 5. Faire appel aux autres
 - 6. Leadership positif
 - 7. Ouverture
 - 8. Traiter et interpréter
 - 9. Trouver des solutions
 - 10. Juger et prendre des décisions
 - 11. Formuler des recommandations
 - 12. Déterminer les outils pertinents
 - 13. Maîtriser l'usage des outils
 - 14. Opérer des appareils à distance
 - 15. Entretenir les équipements numériques
 - 16. Utiliser de façon adéquate et sécuritaire
 - 17. Protéger les données personnelles et corporatives
 - 18. Adopter des comportements virtuels appropriés
 - 19. Gérer les risques
 - 20. Acquérir des connaissances de façon autonome
 - 21. Savoir apprendre en mode virtuel
 - 22. S'adapter aux changements
 - 23. Améliorer les pratiques (innovation)
 - 24. Chercher de l'information
 - 25. Développer une stratégie de recherche
 - 26. Structurer ses recherches
 - 27. Connaître les fichiers et produire du contenu numérique
 - 28. Manipuler les outils numériques pour produire du contenu
 - 29. Sélectionner les outils adaptés au contenu à produire
 - 30. Éviter la surcharge cognitive

ANNEXE 4 : MATRICE MODIFIÉE INMQ - ÉTUDE INTERNATIONALE

Compétences : INMQ modifié (de 1 à 30) et Étude internationale (de A à W)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1.																							
2.																							
3.																							
4.																							
5.																							
6.																							
7.																							
8.																							
9.																							
10.																							
11.																							
12.																							
13.																							
14.																							
15.																							
16.																							
17.																							
18.																							
19.																							
20.																							
21.																							
22.																							
23.																							
24.																							
25.																							
26.																							
27.																							
28.																							
29.																							
30.																							



Corrélation entre les compétences



Absence de corrélation entre les compétences

- A. Citoyenneté éthique
- B. Apprendre à apprendre
- C. Culture informationnelle
- D. Collaboration
- E. Communication
- F. Production de contenu
- G. Compétence entrepreneuriale
- H. Posture de développement professionnel
- I. Résolution de problèmes
- J. Pensée critique
- K. Innovation, création, curiosité
- L. Recevoir, demander et offrir de l'aide
- M. Flexibilité cognitive
- N. Prise de risques, négociation
- O. Engagement, résilience
- P. Autonomie
- Q. Empathie, habiletés humaines
- R. Inclusion dans notre société
- S. Surcharge cognitive
- T. Gestion des tâches
- U. Gestion des personnes
- V. Évaluation, faire sens, réflexion, compréhension
- W. Compétence technologique

- 1. Comprendre
- 2. Valider
- 3. Transmettre
- 4. Partager ses connaissances
- 5. Faire appel aux autres
- 6. Leadership positif
- 7. Ouverture
- 8. Traiter et interpréter
- 9. Trouver des solutions
- 10. Juger et prendre des décisions
- 11. Formuler des recommandations
- 12. Déterminer les outils pertinents
- 13. Maîtriser l'usage des outils
- 14. Opérer des appareils à distance
- 15. Entretenir les équipements numériques
- 16. Utiliser de façon adéquate et sécuritaire
- 17. Protéger les données personnelles et corporatives
- 18. Adopter des comportements virtuels appropriés
- 19. Gérer les risques
- 20. Acquérir des connaissances de façon autonome
- 21. Savoir apprendre en mode virtuel
- 22. S'adapter aux changements
- 23. Améliorer les pratiques (innovation)
- 24. Chercher de l'information
- 25. Développer une stratégie de recherche
- 26. Structurer ses recherches
- 27. Connaître les fichiers et produire du contenu numérique
- 28. Manipuler les outils numériques pour produire du contenu
- 29. Sélectionner les outils adaptés au contenu à produire
- 30. Éviter la surcharge cognitive



Des étudiantes et des étudiants de Technologie minérale du Cégep de Sept-Îles participent à une séance pratique dans la mine-école. (Photographe : Julien Picherit, enseignant en Technologie minérale)



125, rue Self
Val-d'Or (Québec) J9P 3N2
819 825-4667
info@inmq.gouv.qc.ca
www.inmq.gouv.qc.ca

**Institut national
des mines**

Québec 