

PORTRAIT NUMÉRIQUE DE L'INDUSTRIE MINIÈRE AU QUÉBEC



Un partenariat entre

L'Institut national des mines du Québec (INMQ)
Le Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines (CSMO Mines)
L'Association minière du Québec (AMQ)

Mandat réalisé par le CEFRIO

Organisme de recherche et d'innovation, le CEFRIO accompagne les entreprises et les organisations dans la transformation numérique de leurs processus et pratiques d'affaires. Membre de QuébecInnové, le CEFRIO est mandaté par le gouvernement du Québec afin d'agir comme accélérateur de la culture numérique dans les organisations. Il mène des recherches et des enquêtes sur les usages du numérique dans tous les volets de la société. Il les expérimente et les fait connaître également. Son action s'appuie sur une équipe expérimentée, un réseau de plus de 90 chercheurs ainsi que sur l'engagement de plus de 280 membres. Son principal partenaire financier est le ministère de l'Économie et de l'Innovation. Visitez www.cefrio.qc.ca pour découvrir l'étendue de ses projets et la richesse de ses enquêtes.

Équipe-projet du CEFRIO

Mélanie Normand, directrice de projet et responsable de la réalisation des travaux
Josée Beaudoin, vice-présidente, Innovation et Transfert
Carl Boucher, ingénieur industriel et collaborateur associé
Claire Bourget, directrice principale—Recherche marketing
Stéphanie Laurin, chargée de projet—Recherche marketing
Geneviève Lefebvre, directrice de projet

Supervision

Robert Marquis (jusqu'en décembre 2018)—Président-directeur général
Jean-François Pressé (à partir de décembre 2018)—Président-directeur général
Institut national des mines

Coordination du projet avec le CEFRIO

Jeffrey Vaillancourt, chargé de projet—Institut national des mines
Kathy Gauthier, directrice générale—Comité sectoriel de main-d'œuvre de l'industrie des mines
Katie Deneault, directrice service-conseil en ressources humaines et développement de la main-d'œuvre—Association minière du Québec

Révision et diffusion

Karine Lacroix, conseillère en communication	Alexandre Nana, conseiller à l'innovation et à la recherche
Maripier Viger, adjointe aux communications	Nicholas Thérout, conseiller à l'innovation et à la recherche
Institut national des mines	Institut national des mines

Révision linguistique

Centre de services partagés du Québec

Graphisme

Pro-Actif

Remerciements aux entreprises et aux travailleuses et travailleurs de l'industrie

L'INMQ, le CEFRIO, l'AMQ et le CSMO Mines remercient les dirigeants d'entreprise qui leur ont généreusement accordé du temps pour les entrevues, de même que les travailleuses et travailleurs de l'industrie qui ont répondu au questionnaire.

Dépôt légal – 3^e trimestre 2019

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN : 978-2-550-85206-3 (imprimé)

ISBN : 978-2-550-85207-0 (PDF)

© Institut national des mines

Gouvernement du Québec (2019)

TABLE DES MATIÈRES : : : : : : :

SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	6
 CHAPITRE 1	
MISE EN CONTEXTE.....	7
1.1 Bref aperçu de l'industrie minière au Québec.....	7
1.2 Coup d'œil sur le virage 4.0 et la mine intelligente.....	7
1.3 Méthodologie du portrait	9
 CHAPITRE 2	
LE VIRAGE NUMÉRIQUE DES ENTREPRISES MINIÈRES	15
2.1 L'investissement dans le numérique : valeurs, critères et gouvernance	15
2.2 Les actifs numériques : des outils aux usages	17
2.3 Les principaux enjeux des entreprises et leur vision du passage au 4.0	20
 CHAPITRE 3	
LE PROFIL NUMÉRIQUE DES TRAVAILLEUSES ET DES TRAVAILLEURS MINIERs	25
3.1 L'usage des technologies par les travailleuses et les travailleurs	25
3.2 Les compétences numériques des travailleuses et des travailleurs	28
3.3 Les facteurs qui facilitent ou qui freinent l'usage numérique	32
 CHAPITRE 4	
LA FORMATION EN ENTREPRISE ET LES COMPÉTENCES DE L'AVENIR.....	37
4.1 La formation en entreprise pour soutenir l'usage de nouvelles technologies.....	37
4.2 L'impact de la numérisation sur la main-d'œuvre : le point de vue des dirigeants	38
4.3 Les compétences numériques de l'avenir	39
 CONCLUSION	43
 ANNEXE I	
LISTE DES MINES RÉPONDANTES	44
 ANNEXE II	
DONNÉES COMPLÉMENTAIRES SUR LES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES DES TRAVAILLEUSES ET DES TRAVAILLEURS.....	45

LISTE DES TABLEAUX :::::

1. Critères de décision importants qui justifient les investissements numériques dans les mines.....	16
2. Principaux outils numériques utilisés pour chacune des opérations.....	17
3. Niveau d'automatisation des mines selon le type d'opérations.....	18
4. Intentions d'investissement : top 5 des priorités des mines.....	19
5. Principaux bénéfices recherchés par le passage au 4.0.....	20
6. Principaux enjeux évoqués face au passage au 4.0.....	21
7. Indice détaillé de la sphère technique des compétences numériques.....	30
8. Indice détaillé de la sphère cognitive des compétences numériques.....	31
9. Indice détaillé de la sphère collaborative des compétences numériques.....	32
10. Principaux énoncés des freins à utiliser le numérique.....	33

LISTE DES FIGURES :::::

1. Industrie 4.0 : le modèle industriel du futur.....	8
2. Relation entre le nombre d'employés total et le nombre d'employés en TI/TO.....	16
3. Les cinq niveaux de maturité numérique.....	18
4. Dispositifs utilisés pour un usage personnel, professionnel ou les deux.....	26
5. Comparaison entre le taux d'utilisateurs des technologies dans le secteur minier et le taux de détenteurs des technologies parmi les travailleurs québécois.....	27
6. Usage des technologies au travail.....	27
7. Modèle de référence des compétences numériques du CEFRIO.....	28
8. Niveau perçu en tant qu'utilisateur de technologies numériques.....	28
9. Perception globale du niveau de compétences numériques.....	29
10. La sphère technique des compétences numériques.....	29
11. La sphère cognitive des compétences numériques.....	30
12. La sphère collaborative des compétences numériques.....	31
13. Les motivations à utiliser le numérique.....	32
14. Les freins à utiliser le numérique.....	33
15. La formation et le soutien offerts en entreprise.....	34

SOMMAIRE



Le monde minier, comme les autres grands secteurs industriels, évolue dans un environnement où le rythme des changements s'accélère : globalisation de l'économie, pressions accrues et constantes sur les coûts, enjeux de la rareté de la main-d'œuvre ou encore de nouvelles exigences de la part des clients, des investisseurs ou des donneurs d'ordres. Et l'industrie minière n'est pas en reste quant aux bouleversements technologiques.

Le présent portrait vise à dresser un état de la situation sur la capacité numérique du secteur et le virage entrepris pour s'approprier le concept d'Industrie 4.0. Cet état de la situation est composé d'un survol de l'**usage du numérique** et des **processus de gestion des technologies, celles qui sont existantes** comme celles pour lesquelles des investissements sont prévus. Le portrait présente également les résultats d'une vaste enquête sur les **compétences numériques** des travailleuses et des travailleurs de l'industrie : un diagnostic qui cible les forces et les défis à venir. Enfin, le document recense quelques **cas de succès d'entreprises minières avec le numérique** et met ainsi en relief certaines opportunités et l'impact de ces adoptions.

Contexte et méthodologie

Ce portrait résume le concept d'Industrie 4.0 : la connectivité ubiquitaire, la virtualisation des opérations et l'exploitation des données sont notamment quelques mots-clés qui y sont associés.

Les bénéfices du 4.0 pour les opérateurs de mine sont de trois types :

- L'amélioration des performances opérationnelles et financières;
- L'attraction, la motivation et la rétention de la main-d'œuvre grâce à la présence d'outils numériques facilitant le travail et l'innovation des pratiques;

- Un plus grand contrôle de l'impact environnemental des activités minières, notamment par la traçabilité du minerai et l'optimisation de son traitement en usine.

Les constats établis dans ce portrait sont tirés de données issues de :

- Une enquête quantitative sur les compétences numériques de 935 travailleuses et travailleurs, qui ont répondu à un questionnaire;
- Une série d'entrevues téléphoniques réalisées auprès de 14 dirigeants de mine;
- Une série d'entrevues téléphoniques réalisées auprès de responsables de projets numériques innovants.

Des mines automatisées en quête d'intégration

La majorité des entreprises minières au Québec se situent à un bas niveau de maturité technologique soit « Traditionnel » (processus manuels soutenus en partie par des outils de bureautique) ou « Discipliné » (processus soutenus par plusieurs outils, mais qui ne sont pas intégrés). En fait, notons que la plupart des entreprises interrogées exploitent des mines souterraines et que leurs opérations étaient peu connectées jusqu'à récemment; par conséquent, elles sont peu numérisées. Dans cette perspective, les entreprises minières semblent refléter le même degré de maturité numérique des entreprises manufacturières québécoises.

De façon générale, les dirigeants des mines québécoises saisissent l'importance du passage au 4.0. La connectivité souterraine constitue un changement de paradigme qui agit comme levier pour propulser rapidement l'industrie vers une plus grande maturité numérique. Le développement d'une multitude d'applications numériques et de nouvelles expertises laisse entrevoir le passage vers un niveau plus intégré. La collecte de données sur les véhicules et l'exploitation des

données, par exemple pour la maintenance prédictive, figurent au cœur des intentions d'investissement.

Des travailleuses et des travailleurs interpellés par le numérique

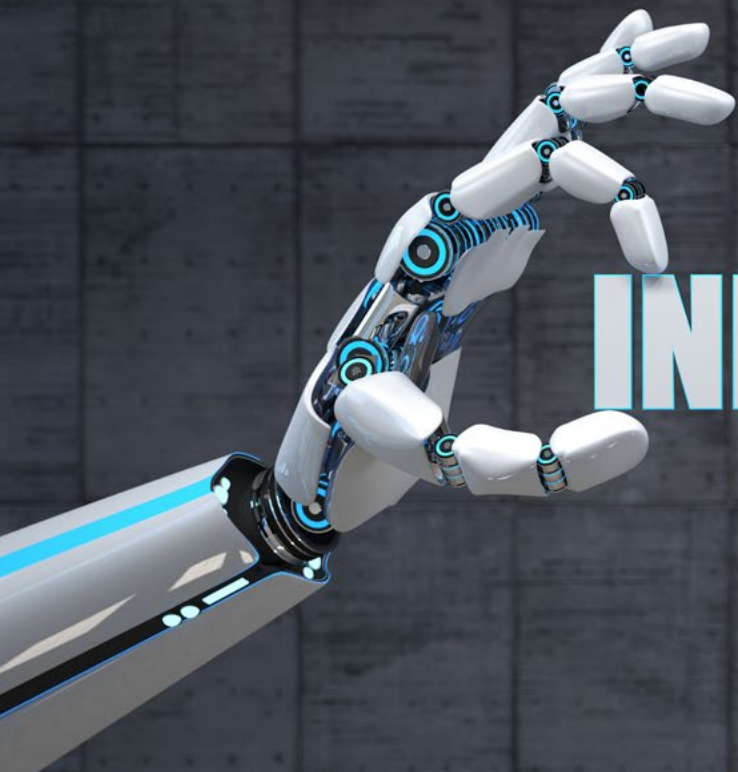
Les travailleuses et les travailleurs se perçoivent comme des utilisateurs intermédiaires (47 %) ou avancés (39 %) en matière d'utilisation des technologies numériques. La majorité (84 %) juge avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies. Les compétences des travailleuses et des travailleurs miniers sont plus techniques (81 %) et cognitives (79 %) que collaboratives (76 %).

La quasi-totalité des travailleuses et des travailleurs est intéressée à apprendre à utiliser de nouveaux outils numériques (96 %) et à avoir plus de formation en ce sens (90 %). En fait, les freins à l'usage des technologies sont minimes chez les travailleuses et les travailleurs miniers.

Des compétences en mutation

Évidemment, le numérique et le passage au 4.0 transforment l'industrie minière, ses métiers et ses professions. La formation et le développement des compétences sont une clé de succès incontournable pour faciliter le changement et l'appropriation de ces nouveaux usages.

Les employées et les employés des mines devront être numériquement de plus en plus qualifiés et seront appelés à développer leurs compétences en continu afin de s'approprier au mieux des usages en constante évolution. Des approches de formation numérique pourraient être envisagées, tout particulièrement en amont de l'implantation des projets, par l'exploration de nouveaux modèles de partenariat entre les institutions d'enseignement et les entreprises minières.



INDUSTRIE 4.0

INTRODUCTION : : : : : : : : : : : : : : : : : :

Dans cette ère toujours plus numérique, le concept de l'Industrie 4.0 pénètre le secteur des mines et, de la même manière qu'il l'a fait dans les autres domaines d'activités, du secteur manufacturier aux services, il change la donne, bouleverse les modèles d'affaires, les processus, les façons de faire et enfin les compétences des travailleuses et des travailleurs.

Le virage numérique est déjà amorcé, et ce, tout au long du processus de développement minéral. L'apport du numérique dans chacune des grandes activités minières, de l'exploration à la restauration, constitue une opportunité formidable de gérer le cycle de vie d'une mine de manière plus efficace et durable. Les entreprises minières adoptent avec de plus en plus

de convictions ces nouveaux outils et se montrent ainsi plus perméables à l'idée de faire évoluer leur organisation pour mieux saisir les gains du 4.0.

Cet ouvrage s'inscrit dans la volonté de l'Institut national des mines du Québec (INMQ) de contribuer aux travaux amorcés à l'échelle nationale pour soutenir la transition de l'industrie minière vers le 4.0. Le présent portrait dresse un état de la situation du numérique dans l'industrie minière et alimente ainsi la réflexion pour proposer des cibles d'amélioration et de nouvelles stratégies pour faciliter le virage numérique. Ce portrait présente des éléments de compréhension pour saisir le plein potentiel du 4.0, mais également pour qualifier l'usage actuel du numérique (actifs et gouvernance par exemple) et les usages anticipés (dont les

intentions d'investissement et les technologies privilégiées). Un chapitre est consacré aux compétences numériques des travailleuses et des travailleurs et aux impacts de la numérisation sur leur travail. Ce portrait aborde également les défis que génèrent le virage 4.0 pour les entreprises et présente des cas inspirants de succès du numérique.

Ce portrait s'appuie sur les résultats de trois collectes de données menées auprès des entreprises, des travailleuses et des travailleurs miniers au Québec : un questionnaire sur les compétences numériques de la main-d'œuvre, des entrevues auprès de dirigeants de mine pour qualifier l'usage du numérique et, enfin, des entrevues auprès de responsables de projets numériques innovants.

CHAPITRE 1 :::::

MISE EN CONTEXTE

1.1 Bref aperçu de l'industrie minière au Québec

L'industrie minière est un secteur économique qui regroupe, entre autres, des activités d'exploration et d'exploitation de mines qui œuvrent à l'extraction de minéraux et de métaux. Voici une présentation sommaire de l'industrie minière québécoise inspirée du site d'Entreprises Québec¹ :

Avec ses 33 mines en production ou en construction en 2018, l'industrie minière québécoise est en constante évolution. Les entreprises de cette industrie sont de tailles variées, allant de la PME à la grande entreprise de plus de 500 salariés. L'industrie doit composer avec des défis de taille, dont la rareté de la main-d'œuvre et la fluctuation de la valeur des substances minières. Ses besoins d'innovations technologiques et de travailleuses et de travailleurs qualifiés sont constants, notamment pour maintenir ses activités d'exploration et trouver de nouveaux gisements.

Au Québec, les deux tiers des frais annuels d'exploration et de mise en valeur sont liés aux mines de métaux précieux, de métaux usuels (tels que cuivre, zinc, nickel, cobalt) et de métaux ferreux. Cependant, la majeure partie de l'emploi minier est associé aux mines de minerai d'or et de fer, l'or étant la substance la plus recherchée par les minières québécoises.

Des besoins importants en matière de main-d'œuvre

L'industrie minière concentre principalement ses activités dans trois régions : le Nord-du-Québec, l'Abitibi-Témiscamingue et la Côte-Nord. À elles seules, ces régions ont bénéficié de plus de 95 % des investissements dans le secteur minier au Québec en 2017. La même année, l'industrie minière a employé plus de 16 000 travailleuses et travailleurs et offert 32,7 millions d'heures de travail. Le quart de ces emplois était situé dans le Nord-du-Québec.

Pour plusieurs régions, les entreprises minières représentent des moteurs économiques. Cependant, celles-ci doivent composer avec des difficultés de recrutement qui pourraient s'accroître davantage. On prévoit qu'un grand nombre de travailleuses et de travailleurs du secteur minier partiront à la retraite au cours des prochaines années.

1.2 Coup d'œil sur le virage 4.0 et la mine intelligente

Dans le cadre de travaux réalisés par le CEFRIQ avec l'aide de chercheurs de l'École Polytechnique et de l'ETS notamment dans le secteur manufacturier, le concept d'Industrie 4.0 a été résumé à celui de « **connectivité ubiquitaire** »². En effet, cette capacité de connecter en tout temps tout objet comme toute personne, de transmettre des données et de les rendre accessibles dans l'immédiat sans enjeu de distance, d'archivage et de sécurité constitue la pierre angulaire d'un nouveau paradigme pour nos industries. Ces dernières voient poindre de multiples opportunités : surveillance et traçabilité en temps réel, contrôle à distance et sans opération humaine, optimisation de la prise de décision grâce à l'intelligence artificielle et autonomie complète de certaines activités. Des occasions qui rompent avec les façons de faire traditionnelles.

L'Industrie 4.0 est une 4^e révolution industrielle. Elle supprime ainsi la 3^e révolution, faite du déploiement de l'automatisation et de l'informatique, en ce sens qu'elle intègre l'ensemble des composantes de l'organisation (machine, logiciel, personne, etc.) de manière à :

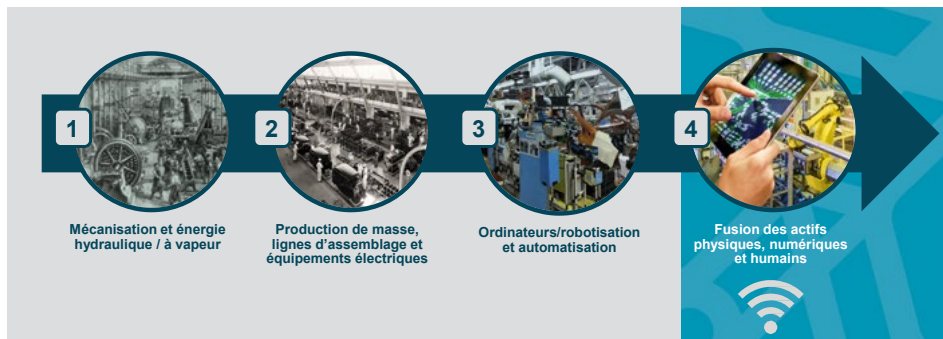
- Obtenir un état de la situation en temps réel (p. ex. sur le processus, la machine, les activités) et permettre une prise de décision immédiate (manuelle ou autonome);
- Coordonner des activités par des systèmes qui coopèrent entre eux et interagissent avec les travailleuses et les travailleurs et les gestionnaires;
- Rendre autonomes des processus grâce à l'exploitation des données et à l'intelligence artificielle.

¹ <https://www2.gouv.qc.ca/entreprises/portail/quebec/infosite?lang=fr&x=1009847949>

² C. Danjou, L. Rivest et R. Pellerin, Industrie 4.0 : des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité, CEFRIQ, 2016. Publication : Prendre part à la révolution manufacturière? : https://cefrio.qc.ca/media/1270/pme_20-prendre-part-a-la-revolution-manufacturiere.pdf

Figure 1

LES MODÈLES INDUSTRIELS VERS L'INDUSTRIE 4.0



Source : Étude Deloitte, Le Point sur le Québec manufacturier (Mine 4.0, 2018)

Dans sa publication intitulée « **Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec : Exemple de l'industrie minière** »³, l'INMQ présentait la mine 4.0, c'est-à-dire le concept de l'Industrie 4.0 appliqué au contexte de l'entreprise minière :

La mine 4.0 renvoie au concept d'agilité des opérations minières par une plus grande interrelation entre les innovations implantées. Le concept d'agilité des opérations minières se compose de quatre éléments :

1. La **mine intelligente** associée à l'acquisition de données et à la capacité d'utiliser cette information pour la prise de décision.
2. La **mine numérique** qui permet la mise à l'essai de différents scénarios pour optimiser les processus.
3. L'**automatisation des opérations** assurant une plus grande prédictibilité et reproductibilité des résultats.
4. L'**intégration des opérations** dans un système global et centralisé tout au long de la chaîne de valeur.

Dans cette définition, on insiste sur l'importance des données—l'acquisition de ces données et leur exploitation—pour la prise de décision, mais également pour la simulation de scénarios d'optimisation et, à terme, pour rendre autonomes les processus. L'INMQ pose ainsi la vision d'une intégration complète des opérations, du partage et du traitement des données, et ce, non seulement pour l'entreprise minière, mais aussi pour l'ensemble de la chaîne de valeur du processus minéral.

Les défis du passage au 4.0

Pour le CEFRIQ, au-delà de l'usage de la technologie, les entreprises doivent maintenant apprendre à tirer le plein potentiel des nouveaux outils technologiques, à innover et à déployer le numérique en continu.⁴ L'Industrie 4.0 crée de nouveaux principes dans l'opérationnalisation de la transformation numérique, des principes qui diffèrent de la vague d'implantation logicielle des années 80–90. Ces nouveaux principes sont les suivants :

- Passer d'une logique d'acquisition/implantation à celle d'**appropriation** des technologies. L'utilisateur final est alors acteur de cette transformation et le développement des compétences internes est crucial pour garantir le succès de tout projet.
- Ne plus considérer l'intégration de technologies comme un projet TI, mais plutôt comme un **projet d'innovation** qui améliore, voire transforme, des processus internes et nécessite une gestion constante des changements.
- Mieux planifier les projets d'intégration en abordant la transformation numérique comme un projet d'affaires qui modifiera la **culture d'entreprise**. Le 4.0 prendra racine dans des organisations capables de collaboration, d'expérimentation et qui investiront tant dans le talent de leurs intervenants que dans la gestion de leurs données.

Les bénéfices du passage au 4.0

En relevant les défis de l'Industrie 4.0, plusieurs bénéfices émergent pour le secteur minier tels que :

- Amélioration des performances opérationnelles et financières :
 - Des processus mesurés et constamment améliorés grâce à des applications de capture, d'analyse et d'alarme par exemple;
 - Des risques mieux contrôlés grâce à la traçabilité d'éléments critiques;
 - Des activités à haut risque pour les travailleuses et les travailleurs, qui sont maintenant réalisées de manière autonome ou, du moins, à distance grâce à la connectivité et à l'intelligence artificielle;
 - Des rendements plus élevés par une compréhension fine du gisement et une capacité d'interprétation et de réaction rapide;
 - Une plus grande flexibilité dans les opérations grâce à une remontée en continue des données d'opération et de l'aide à la décision.
- Attraction, motivation et rétention de la main-d'œuvre par la présence d'outils numériques facilitant le travail et l'innovation des pratiques.
- Plus grand contrôle de l'impact environnemental des activités minières, notamment par la traçabilité du minerai et l'optimisation de son traitement en usine.

Enfin, l'impact de l'Industrie 4.0 est d'importance pour l'industrie puisqu'elle pousse les processus miniers vers l'autonomie. Par exemple, dans le monde, certaines mines à ciel ouvert font déjà l'usage de flottes de véhicules autonomes contrôlés à distance. Les plus récents projets de mines souterraines au Québec, tel Horne 5 de Ressources Falco, ont également investi massivement dans le numérique. La connectivité souterraine semble désormais possible (voir le projet numérique inspirant de la mine LaRonde d'Agnico Eagle); elle viendra soutenir le déploiement d'un arsenal d'équipements, de machines et d'outils connectés qui pourront potentiellement être coordonnés, voire téléopérés, à distance.

Le monde minier sera plus en contrôle et alors, pour reprendre la définition de la mine 4.0 présentée par l'INMQ, plus agile. Au final, on pourrait voir un changement

³ Institut national des mines. 2018. « Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec. Exemple de l'industrie minière ». En ligne. URL : http://www.inmq.gouv.qc.ca/RadFiles/Documents/DOCUMENTS/DOCUMENTS/696/INMQTransformation_numerique_complet_WEB.pdf

⁴ Le CEFRIQ a accompagné plus de 600 entreprises entre 2012 et 2018, dans le cadre PME 2.0. Pour en savoir plus, visitez la section « Industrie 4.0 et secteur manufacturier » à <https://cefrio.qc.ca/fr/realisations-et-publications/industrie-4-secteur-manufacturier/>

s'opérer en profondeur jusque dans le modèle d'affaires des mines. L'exactitude des modèles géologiques sera plus grande parce que constamment alimentée de nouvelles données; les opérations seront plus flexibles et elles seront en mesure de s'ajuster au prix du minerai ou encore aux contraintes issues de la gestion des résidus. Nous ne sommes qu'au début de la révolution mais, pour le monde minier, elle s'annonce particulièrement profonde et rapide compte tenu de la force économique des joueurs en présence et du potentiel de rupture qu'offrent les technologies du 4.0.

1.3 Méthodologie du portrait

Afin de dresser le portrait numérique de l'industrie minière au Québec, le CEFRIO a réalisé trois collectes de données :

1. Une enquête quantitative sous la forme d'un questionnaire sur les compétences numériques des travailleuses et des travailleurs (le NETTravailleurs Mines);
2. Une série d'entrevues téléphoniques réalisées auprès de dirigeants de mines sur le profil et l'usage numérique de l'entreprise;

3. Une série d'entrevues téléphoniques réalisées auprès de responsables de projets numériques innovants.

Notons également que le CEFRIO travaille depuis novembre 2017 avec certains joueurs clés de l'industrie. De ces travaux sont issus notamment l'élaboration d'un outil diagnostic pour le secteur, la réalisation d'un audit 4.0 pour une entreprise minière québécoise et un recensement des technologies disponibles. Ces expériences sont venues enrichir le propos du portrait.



Collecte 1

Enquête auprès des travailleuses et des travailleurs miniers

L'enquête intitulée NETrailleurs Mines a été réalisée sous la forme d'un questionnaire Web sur la plateforme Qualtrics, entre le 25 juillet 2018 et le 2 octobre 2018 inclusivement. Cela représente 69 jours de collecte au total. Environ 20 % des questionnaires ont été remplis sur un support papier compte tenu

de l'accès limité à des ordinateurs connectés sur les lieux de travail. Les invitations pour compléter l'enquête ainsi que les relances ont été envoyées par l'INMQ, le CSMO Mines et l'AMQ.

Au total, **935 enquêtes complétées** ont été retenues pour l'analyse. La marge d'erreur maximale, selon la proportion estimée, se situe à $\pm 3,20\%$, et ce, 19 fois sur 20.

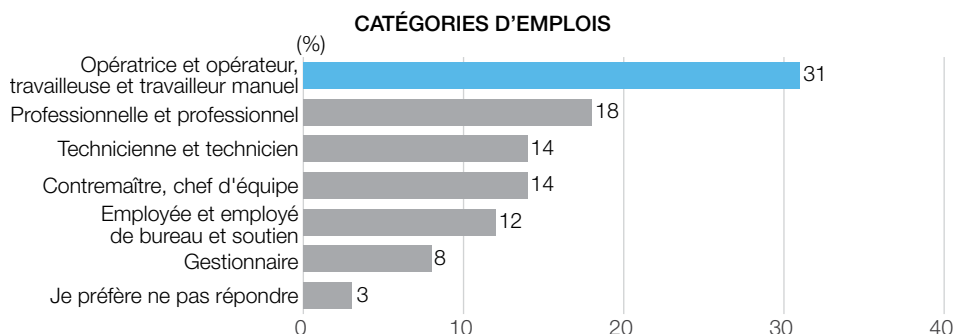
L'objectif initial était d'avoir 600 enquêtes complétées, ce qui a été largement dépassé (156 % de l'objectif atteint). Il est à noter que les travailleuses et les travailleurs étaient invités à répondre aux questions; il s'agissait d'une autoévaluation de leur profil numérique.

La liste des mines répondantes est présentée à l'annexe I. Cette section décrit le profil des répondantes et des répondants de ce portrait.

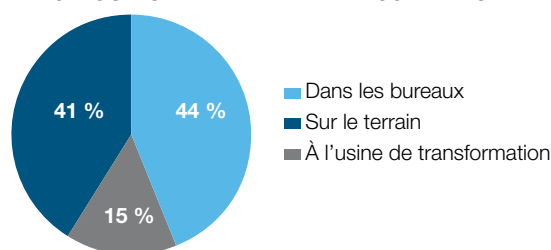
Profil des répondantes et des répondants de l'enquête

31 %

La plus grande proportion de répondantes et de répondants est celle des opératrices et des opérateurs et des travailleuses et travailleurs manuels.



ENDROIT OÙ ILS TRAVAILLENT LA MAJORITÉ DU TEMPS



Ils travaillent dans une proportion assez semblable

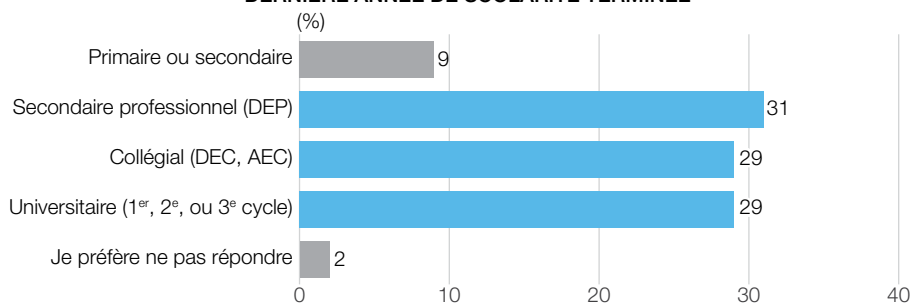
44 % dans les bureaux.

41 % sur le terrain.

Une faible proportion de répondantes et de répondants

15 % travaille à l'usine.

DERNIÈRE ANNÉE DE SCOLARITÉ TERMINÉE

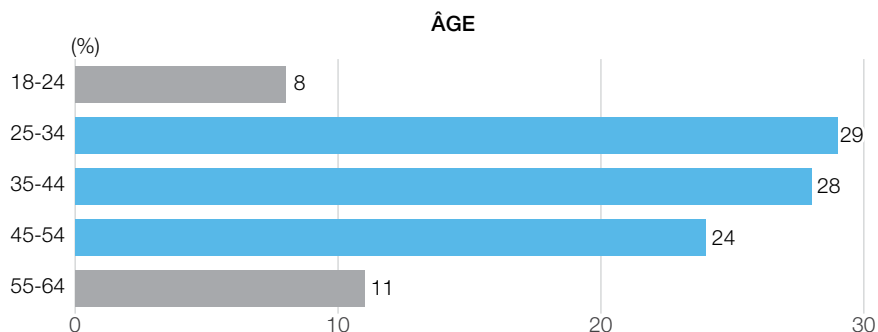


Le niveau de scolarité des répondantes et des répondants se répartit entre le **secondaire**, le **cégep** et le **premier cycle universitaire**.

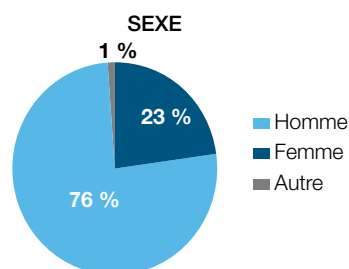
Profil des répondantes et des répondants de l'enquête (suite)

25 à 54 ans

Les travailleuses et les travailleurs qui ont répondu à l'enquête sont principalement âgés de 25 à 54 ans.



Les femmes



Les répondantes et les répondants sont majoritairement des hommes.

48% vs **23%**
des femmes vs des hommes
ont un niveau d'éducation universitaire.

26% des femmes interrogées sont des professionnelles

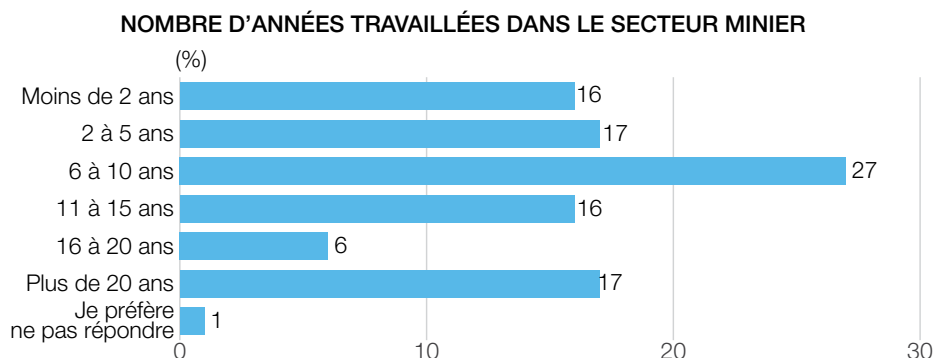
38% des femmes interrogées sont des employées de bureau

75%

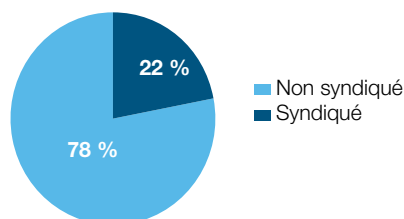
Les femmes travaillent davantage dans les bureaux.

Variable

Le nombre d'années d'expérience est variable.



EMPLOI SYNDIQUÉ OU NON



Les répondantes et les répondants sont majoritairement non syndiqués.

Profil des syndiqués

- Ce sont surtout des hommes.
- Ils travaillent davantage sur le terrain ou à l'usine de transformation.
- Ils travaillent davantage dans une mine à ciel ouvert.
- Ils sont majoritairement localisés dans la région de la Côte-Nord.
- Ils ont surtout une scolarité de niveau primaire ou secondaire.



Collecte 2

Entrevues téléphoniques auprès de dirigeants de mine

Onze entrevues en profondeur ont été réalisées auprès de dirigeants de mines situées au Québec. Les participantes et les participants aux entrevues ont été recrutés par les partenaires du projet, soit l'INMQ, l'AMQ et le CSMO Mines. L'ensemble des entrevues ont été menées par Carl Boucher, ingénieur industriel et collaborateur associé au CEFRIQ, et enregistrées pour fins d'analyse. Les entrevues ont été réalisées entre le 4 octobre 2018 et le 7 décembre 2018.

En plus des onze entrevues en profondeur, deux entrevues prétests ont été effectuées préalablement afin de valider le guide de discussion et d'estimer la durée réelle des entrevues. Ces prétests ont été menés à la fin du mois d'août 2018 et les données

alors recueillies ont été considérées dans l'analyse des entrevues portant sur le secteur minier au Québec. La durée des entrevues était d'environ une heure. Enfin, un gabarit d'entrevue complété sommairement par l'un des dirigeants de mines, qui n'a pas eu le temps de prendre part à l'entrevue, a également été pris en considération pour l'analyse de certains résultats. Au total, nous comptons donc **14 entreprises minières répondantes** pour cette collecte.

Profil des mines qui ont participé aux entrevues en profondeur

Les entrevues ont été réalisées auprès de dirigeants de 9 mines souterraines, 3 mines à ciel ouvert et 2 mixtes. L'or est le principal minerai exploité par les mines répondantes. La moyenne d'années d'exploitation de

ces mines était, en 2018, de 17 ans, tandis que la moyenne des années restantes à la durée de vie prévue était de 10 ans (selon les données des réserves connues à ce jour). Il est donc possible de conclure qu'en moyenne, en 2018, ces mines du Québec en opération commerciale en étaient au ⅓ de leur durée de vie prévue.

Le nombre d'employés par mine qui ont pris part aux entrevues varie de 114 à 1100 employés, avec une moyenne de 591 employés (en excluant ceux en sous-traitance).

La liste des mines répondantes est présentée à l'annexe I et les résultats de cette collecte sont présentés principalement dans les chapitres 2 et 4.

Collecte 3

Entrevues téléphoniques auprès de responsables de projets numériques

La dernière collecte a également été réalisée lors d'entrevues téléphoniques semi-dirigées d'une durée moyenne de 45 minutes, auprès de quatre entreprises ciblées pour la mise en œuvre de projets numériques d'envergure. Les

entrevues ont été effectuées en janvier, février et mars 2019. Les répondantes et les répondants aux entrevues étaient des responsables de projet au sein de leur entreprise et devaient être en mesure de présenter l'initiative phare et de discuter des leçons apprises au cours de la mise en œuvre du projet.

La liste des mines répondantes est présentée à l'annexe I et les faits saillants des échanges sont présentés dans les chapitres 2 et 4 sous la forme de brèves études de cas de type journalistique intitulées « Projet numérique inspirant ».

Projet numérique inspirant

La ventilation contrôlée chez Eldorado Gold – Mine Lamaque

Lamaque est un projet minier aurifère souterrain situé près de Val-d'Or, en Abitibi-Témiscamingue. Il a été acquis en 2017 par Eldorado Gold, une compagnie canadienne productrice d'or et de métaux de base de niveau intermédiaire sur trois continents. Le projet Lamaque a démarré sa production commerciale à la fin du premier trimestre 2019.

Depuis son acquisition, les activités de forage ont débuté sur la propriété et la compagnie investit des sommes considérables dans la mise en place des opérations et des infrastructures, dont une part importante est consacrée aux technologies numériques.

De nombreuses initiatives figurent à la planification numérique de la mine, dont plusieurs sont en implantation et d'autres, en expérimentation sur le site. L'innovation et les technologies occupent une place prépondérante dans la vision stratégique de l'entreprise, qui repose sur une approche systémique. Pour les dirigeants, il ne fait nul doute que le numérique a un impact positif sur toute la chaîne de l'entreprise et qu'il a un rôle à jouer sur le développement durable, la santé et la sécurité des travailleuses et des travailleurs, mais aussi sur la rentabilité de la mine en diminuant les coûts de production.

L'un des projets numériques phares de l'entreprise est la mise en place d'un système de ventilation contrôlé. Une mine souterraine est un lieu confiné où l'air ambiant est vicié par les opérations menées sous terre et les sautages d'explosifs, les émanations liées à la nature du minerai ou des produits de remblai, de même que par les rejets de polluants des véhicules et des équipements motorisés. La ventilation est donc essentielle afin d'alimenter les galeries souterraines en air de qualité. Et, au Québec, il faut chauffer cet air avant de le distribuer, ce qui ajoute considérablement à la consommation d'énergie. Il est à préciser que, pour certaines mines ayant des galeries très profondes, l'air doit plutôt être climatisé.

Pour optimiser le processus de ventilation, il faut faire appel à l'intégration de plusieurs technologies : un système de communication qui reçoit et transmet l'information collectée par différents dispositifs, des sondes souterraines, des capteurs, etc. Les données recueillies permettent aux opérateurs du centre de contrôle à la surface de surveiller en

temps réel les conditions de l'air. Aussi, grâce au repérage dynamique (*tracking*), les travailleuses et les travailleurs portent un émetteur sur la lampe de leur casque, qui permet de les localiser sous terre à l'aide de capteurs répartis dans les galeries. Les véhicules et les équipements sont également dotés d'une puce de localisation. Un système de ventilation sur demande (VOD) automatise entièrement le processus de marche et d'arrêt des ventilateurs pour envoyer la quantité d'air nécessaire en fonction du nombre de travailleuses et de travailleurs et des équipements en opération dans les galeries.

Un tel système permet de réduire substantiellement les frais associés à la consommation d'électricité et de gaz naturel, puisqu'il répond aux besoins réels de ventilation. Un gaspillage des ressources est ainsi évité et un air de qualité est assuré dans les zones où se trouvent la main d'œuvre. Cela permet d'améliorer à la fois l'efficacité énergétique de la mine et la sécurité des équipes, tout en réduisant les coûts d'opération : «un réel tour du chapeau!». Près de 60 % de la facture électrique d'une mine souterraine est liée à la ventilation. L'automatisation du système permet de réduire d'environ 50 % la dépense, une économie pouvant se chiffrer à près de 400 000 \$ pour l'année en cours.



Projet numérique inspirant (suite)

La ventilation contrôlée chez Eldorado Gold – Mine Lamaque

Les bénéfices ne s'arrêtent pas là, car le système de captation et de communication installé permet de nouvelles applications et l'optimisation d'autres processus. Par exemple, le système de localisation de la main-d'œuvre, des véhicules et des équipements mobiles permet d'avoir une meilleure connaissance de ce qui se passe sous terre et de savoir en tout temps où se trouvent les ressources. Si un travailleur a besoin d'utiliser une machine ou un équipement en particulier pour l'exécution d'une tâche, il peut facilement repérer celle qui est la plus près de lui et ainsi réaliser sa tâche dans de meilleurs délais. Le déroulement des opérations (*chemin critique*) et la prise de décision en sont optimisés. L'impact sur la productivité est difficile à quantifier à ce moment-ci, mais pourrait s'avérer encore plus profitable que l'économie d'électricité.

Le changement s'opère graduellement mais positivement pour les travailleuses et les travailleurs, qui apprennent à œuvrer dans un contexte d'évolution constante. Les cycles de travail sont modifiés, les processus et les méthodes doivent être adaptés, mais tous apprennent à utiliser ensemble les technologies numériques. L'équipe de la mine Lamaque est encore en développement et, lors de l'embauche, le personnel

est informé de la vision numérique de l'entreprise. Les employés et les employées sont ouverts et enthousiastes à l'idée de s'approprier de nouveaux usages dans une perspective d'apprentissage évolutif, un pas à la fois.

Selon l'entreprise, la clé du succès réside aussi dans cette approche itérative et graduelle. Pour apprivoiser le numérique et pouvoir en tirer le plein potentiel, les dirigeants ont souhaité instaurer une culture d'innovation et d'amélioration continue. Plusieurs projets pilotes sont en cours et offrent des occasions de mettre en place de nouveaux partenariats d'affaires. Des fournisseurs d'équipements ou de nouvelles technologies sont invités à venir les expérimenter sur le site, ce qui permet d'explorer de nombreuses solutions et de choisir celles qui offrent le meilleur potentiel selon le contexte propre à l'entreprise. Dans une telle approche, il faut accepter qu'il n'y ait pas que de bons coups, que l'implantation puisse être plus longue mais, à terme, les décisions prises permettent des déploiements qui répondent aux résultats attendus, voire les surpassent, tout en favorisant la mobilisation des équipes et le développement des compétences numériques des travailleuses et des travailleurs.

Pour en savoir plus sur l'entreprise, il est possible de consulter le site Web eldoradogoldlamaque.com.

Merci à nos interlocuteurs :

Pierre Valade, surintendant électrique, Eldorado Gold Lamaque

Salima Lamniouli, ingénieure minier junior, Eldorado Gold Lamaque

CHAPITRE 2 :::::

LE VIRAGE NUMÉRIQUE DES ENTREPRISES MINIÈRES

Ce chapitre présente les informations recueillies auprès des dirigeants qui nous ont accordé des entrevues téléphoniques. Le CEFRIQ a échangé avec 14 entreprises minières, mais certaines données sont présentées à partir de 11 mines répondantes, celles qui étaient en exploitation commerciale à l'hiver 2019 et qui ont répondu à l'ensemble des questions.

Le profil numérique des entreprises est présenté dans différentes sections qui portent sur les investissements, la gouvernance numérique, les actifs numériques et le niveau d'automatisation, les intentions d'investissement numériques, les enjeux des entreprises et leur vision du potentiel du numérique pour relever les défis.

2.1 L'investissement dans le numérique : valeurs, critères et gouvernance

Les intentions d'investissement numérique

Au cours de l'année qui a précédé les entrevues avec les dirigeants, les mines participantes ont investi en moyenne 5,7 millions de dollars pour ce qui est des technologies de l'information (TI) et des technologies opérationnelles (TO). Cela représente 3,4 % de leur budget d'opération en TI/TO, ce qui se compare au ratio d'investissement des grandes entreprises d'autres secteurs économiques du Québec (le niveau d'investissement étant légèrement plus faible pour les PME).

Par ailleurs, ce budget est, dans la majorité des cas, appelé à rester stable chez 7 entreprises minières sur les 14 sondées ou à augmenter (4/14) au cours de la prochaine année. Seulement 2 mines ont mentionné que leur budget devrait diminuer dans les douze prochains mois. Une diminution expliquée par le fait qu'elles ont investi fortement en TI/TO au cours de la dernière année.

La gestion des technologies et la structure organisationnelle

Les pratiques de gestion se ressemblent d'une mine à l'autre. Cela peut s'expliquer

par le fait que les mines sont principalement la propriété d'entreprises qui exploitent des opérations dans plusieurs pays, et que le partage d'information et de bonnes pratiques est favorisé dans l'industrie.

L'ensemble des dirigeants ont mentionné que leur organisation comportait un département des technologies de l'information (TI) auquel était consacré la majorité du budget TI/TO. Les TI, qui incluent les infrastructures numériques, les serveurs, le réseau et les logiciels de gestion, relèvent le plus souvent de la société mère qui opère la mine.

Quant aux technologies opérationnelles (TO), qui regroupent principalement le volet instrumentation et contrôle, elles sont planifiées et gérées localement et réparties dans plusieurs départements. Dans la quasi-totalité des mines contactées (83 %), les ressources relatives aux TO sont alors intégrées aux équipes de travail. Les TO sont principalement gérées par des gens de métier (techniciens de maintenance par exemple).

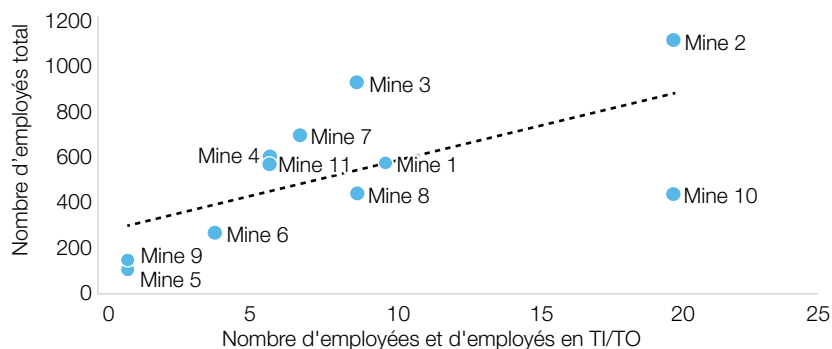
Il y a en moyenne 9 ressources TI/TO par mine. Le minimum étant de 1 et le maximum étant de 20. Considérant qu'il y a en moyenne 591 employés et d'employés dans les mines qui ont participé aux entrevues, on calcule qu'une organisation minière compte sur un peu moins de 2 % (1,6 %) de ses employés pour gérer ses TI/TO. Il y a une forte corrélation entre le nombre d'employées et d'employés d'une mine et son personnel dédié aux technologies (figure 2).

Plus de la moitié des ressources TI/TO occupe la fonction TO (en moyenne 5 personnes sur 9). Rappelons que le groupe corporatif peut fournir le soutien TI à ses mines en fonction des besoins et des projets. En ce qui concerne les 4/9 occupant la fonction TI, la majorité du personnel (58 %) occupe un rôle de soutien TI.

L'arrivée de technologies 4.0, qui nécessite, par exemple, de transférer et d'entreposer un grand volume de données, appelle ces deux groupes à collaborer davantage.

Figure 2

RELATION ENTRE LE NOMBRE D'EMPLOYÉES ET D'EMPLOYÉS TOTAL ET LE NOMBRE D'EMPLOYÉES ET D'EMPLOYÉS EN TI/TO



La prise de décision pour acquérir une nouvelle technologie : un processus bien établi

Tous les dirigeants des mines affirment avoir un processus formel d'identification, de sélection et d'approbation des projets numériques. Dans la majorité des cas (8/11), ce sont les employées et les employés travaillant aux opérations qui identifient les projets à réaliser. Ce sont eux qui relèvent les problèmes qui pourraient être résolus grâce à la technologie.

«Lorsqu'on a des écarts sur le plan opérationnel, on va chercher à régler ces écarts.»

Par la suite, une approche d'amélioration ascendante «bottom-up» est effectuée dans les entreprises pour l'approbation des projets. Majoritairement (7/11), l'évaluation

des projets numériques est réalisée par un département en particulier (TI, bureau chef ou autre), tandis que, pour le quart des mines qui ont participé aux entrevues, un comité de projets est responsable de leur analyse et de leur priorisation.

Habituellement, l'approbation des projets numériques est donnée par la direction de la mine lorsque ces projets respectent un certain budget. Cependant, deux des mines participantes ont besoin de l'approbation du corporatif, et ce, pour l'ensemble des projets.

La santé et la sécurité des travailleuses et des travailleurs (SST) ainsi que le retour sur investissement (RSI) sont les deux piliers décisifs pour les investissements en numérique.

La santé et la sécurité au travail sont des éléments ressortis comme un critère décisif des mines québécoises pour le choix des projets numériques.

«Le gain de productivité sera un effet collatéral de l'automatisation, car le point principal c'est : comment peut-on améliorer la santé-sécurité des travailleurs?»

Le retour sur l'investissement est également décisif pour orienter les investissements en numérique. Dans le même ordre d'idées, l'amélioration de l'efficacité est aussi un critère mentionné souvent par les dirigeants.

Contrairement à ce que l'on aurait pu penser, les difficultés engendrées par la rareté de la main-d'œuvre n'ont pas été mentionnées comme des critères importants qui justifient des investissements numériques. Toutefois, il est à noter que lors des échanges réalisés pour décrire les projets numériques inspirants, les personnes ont systématiquement nommé l'enjeu de la pénurie de la main-d'œuvre comme l'un des grands défis actuels à relever pour l'industrie et ils ont affirmé que le numérique avait un rôle primordial à jouer, tant pour l'attraction de nouveaux employés et employées que pour le maintien en emploi de la main-d'œuvre.

Tableau 1

Critères de décision importants qui justifient les investissements numériques dans les mines

Critères de décision	1 ^{re} mention	2 ^e mention	3 ^e mention	4 ^e mention
Santé et sécurité au travail (SST)	6	2	1	0
Retour sur investissement (ROI)	4	1	3	1
Efficacité	2	4	1	0
Obsolescence des équipements	0	2	0	0
Environnement	0	2	0	0
Stratégie	0	0	1	0
Réputation	0	0	1	0
Problématique	0	0	1	0
Main-d'œuvre	0	0	0	1

2.2 Les actifs numériques : des outils aux usages

Aucune solution technologique commerciale ne semble dominer le secteur minier au Québec. Pour chacune des opérations, les mines ont opté pour des technologies propres à une fonction précise et ces outils ne sont pas, dans la plupart des cas, intégrés à d'autres logiciels. Les outils les plus mentionnés par les dirigeants sondés sont les suivants :

- Des outils de bureautique, tel Office 365;
- Des outils spécifiques aux opérations souvent guidées à partir de dessins 2D produits notamment dans *Autocad*;
- Des logiciels facilitant la collecte de données géologiques, leur modélisation et parfois le calcul du rendement, tel GEMCOM.

Le tableau 2 présente les principaux outils numériques utilisés pour chacune des grandes opérations. Les outils listés dans la colonne T1 sont les outils qui revenaient le plus souvent. Ceux qui sont répertoriés dans la colonne T4 sont ceux qui revenaient le moins souvent. À noter qu'ont été soustraits du tableau les outils qui n'ont été mentionnés qu'une seule fois lors des entrevues.

Le degré d'automatisation des mines

Le tableau 3 montre le niveau d'automatisation des mines qui ont participé aux entrevues, et ce, pour différents types d'opérations. Pour déterminer ce niveau, les dirigeants ont autoévalué les éléments proposés. Selon les dirigeants interrogés, le hissage de la roche (72 %) ainsi que le concassage de la roche (58 %) sont les deux fonctions les plus automatisées dans le secteur minier au Québec. Il est intéressant de noter que parmi les onze mines souterraines qui ont participé aux entrevues, la majorité d'entre elles (6/11) ont mentionné avoir des opérations qui se font de manière traditionnelle, c'est-à-dire que ces opérations sont mécanisées, mais non connectées (par exemple pour un concassage à distance) ou non automatisées (par exemple, pour un hissage automatisé sans opération humaine).

Étonnamment, selon les résultats obtenus, les années d'exploitation restantes ont peu d'incidence sur le fait qu'une mine ait davantage automatisé ses opérations ou non. Dès lors, on peut penser que le modèle et la culture de gestion de l'entreprise minière influent sur l'intensité des investissements dans le numérique. On peut également supposer que certaines mines se lancent, alors que d'autres

attendent de voir les résultats chez ces premières.

Afin de respecter la confidentialité des données d'affaires et des données opérationnelles des entreprises répondantes à l'étude, il n'est pas possible de révéler tous les éléments de contexte de la mine pour saisir entièrement la réalité de l'automatisation de ces dernières. Par exemple, le rendement quotidien (tonnes par jour) combiné à la profondeur d'une mine et aux limitations physiques du transport par véhicules pourrait influencer la décision d'automatiser en tout ou en partie le hissage. Notons également que les entreprises ont utilisé leur propre référentiel pour estimer le pourcentage d'automatisation.

Cette autoévaluation de l'automatisation peut être mieux interprétée lorsqu'elle est jumelée à une prise d'information sur les intentions d'investissement des entreprises minières. Nous y reviendrons plus loin. Enfin, selon les données recueillies, les différents types d'opérations présentent des priorités numériques qui varient d'une mine à l'autre. Toutes les opérations sont ciblées, mais de manière plus ou moins égale en ce qui a trait aux investissements futurs.

Tableau 2

Principaux outils numériques utilisés pour chacune des opérations (selon le nombre de mentions)

Opérations/Technologies	T1	T2	T3	T4
	(nombre de mentions des dirigeants)			
Géologie	GEMCOM (5)	ACAD (4)	Promine (2)	Datamine (2)
Développement	ACAD (6)	Promine (4)	Simms (4)	Deskwick (2)
Production	ACAD (4)	Promine (3)	Simms (3)	Deskwick (2)
Analyse du minerai	PI ProcessBook (3)	Analyseur RX (3)		
Traitement du minerai	PI ProcessBook (2)			
Opération de gestion environnementale (eau, air, résidus, stérile)	ISOVision (2)	Excel (2)	PI ProcessBook (2)	
Maintenance : équipements fixes et mobiles	Guide TI (3)	SAP (4)		
Management et décisions d'affaires	Guide TI (3)	SAP (3)	Excel (3)	Power BI (3)
Communication	Office 365 (7)	Réseaux sociaux (3)	Page Web (2)	Skype (2)
Ingénierie/Conception	ACAD (7)	Excel (3)	Promine (2)	
Santé et Sécurité	Intelex (2)			

Question : « Quels sont les principaux outils numériques utilisés dans votre mine pour chacune des catégories suivantes ? »

Tableau 3
Niveau d'automatisation des mines selon le type d'opérations

%	Ventilation	Sautage	Hissage de la roche	Concassage de la roche	Boulonnage	Transport du minerai	Forage
Mine 1	15	15	100	100	50	50	N/D ¹
Mine 2	25	0	0	0	0	0	25
Mine 3	50	0	95	80	0	50	20
Mine 4	0	0	N/A ¹	100	0	0	50
Mine 5	20	0	80	50	0	0	0
Mine 6	15	20	0	0	35	0	15
Mine 7	100	60	N/A ¹	0	80	40	60
Mine 8	20	100	100	0	60	0	0
Mine 9	70	30	100	90	30	70	30
Mine 10	90	90	100	100	0	75	0
Mine 11	N/A ¹	30	N/A ¹	80	N/A ¹	90	70
Mine 12	N/A ¹	100	N/A ¹	90	N/A ¹	50	65
Moyenne	41	37	72	58	26	35	30

Question : « Quel est le degré d'automatisation de chacun des éléments suivants ? »

¹ N/D : Non disponible. N/A : Non applicable.

Le niveau de maturité numérique des mines

Le CEFRIO a défini un référentiel de maturité numérique constitué de cinq niveaux, qui permet de situer et de guider les entreprises dans leur évolution numérique.

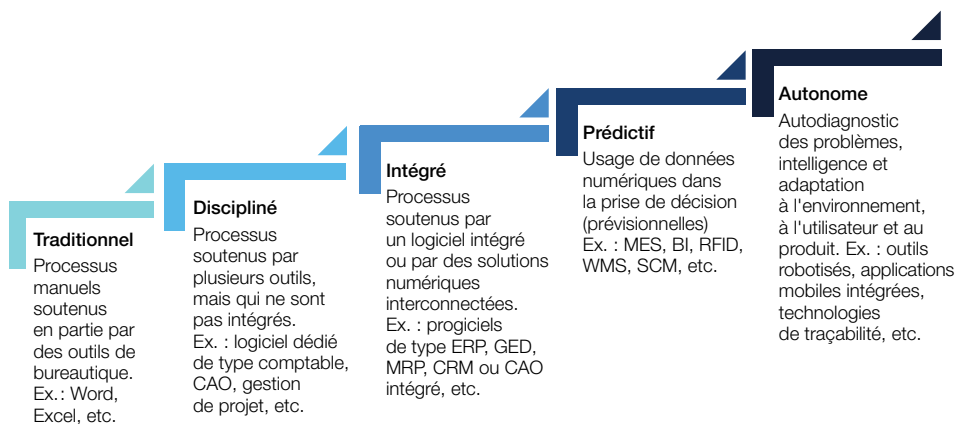
Selon l'échelle présentée ci-dessous, il est possible de situer le niveau de maturité numérique des opérations souterraines à « Traditionnel » de manière générale.

Le niveau « Traditionnel » correspond à des processus manuels soutenus par des logiciels bureautiques qui ne sont pas intégrés. Le faible niveau de maturité des mines souterraines peut être expliqué par le fait que l'émergence d'infrastructures réseau souterraines à longue portée (ex. : LTE) est plutôt récente, ce qui n'est pas le cas pour les mines à ciel ouvert. Et en l'absence de ce type d'infrastructures,

la transmission de données est limitée. Par ailleurs, plusieurs usages automatisés, tels que le contrôle à distance des véhicules et la géolocalisation, requièrent la mise en place d'un système de communication.

D'autres processus qui ne sont pas contraints par cette dimension souterraine sont soutenus avec des systèmes intégrés comme les ERP (Enterprise Resource Planning ou système de planification des ressources de l'entreprise). C'est le cas notamment des achats et de la maintenance (ex. : SAP dans le tableau 2).

Figure 3
LES CINQ NIVEAUX DE MATURITÉ NUMÉRIQUE



Source : CEFRIO, 2016

L'industrie minière n'est pas la seule à présenter ce niveau de maturité numérique. Dans l'enquête manufacturière 4.0⁵, on notait que 75 % des entreprises manufacturières ont une maturité numérique faible et se répartissent, elles aussi, entre les deux premiers niveaux de l'échelle. Plus la taille de l'entreprise est grande, plus ses processus ont tendance à être intégrés.

Quelques logiciels spécialisés sont utilisés, en autres GEMCOM, Promine et Simms. Les limites d'accès au réseau souterrain de données restreignent l'exploitation du plein potentiel de ces logiciels. L'usage est limité aux départements de géologie et de planification.

⁵ Industrie 4.0 : enquête auprès des entreprises manufacturières du Québec, CEFRIO et ministère de l'Économie et de l'Innovation (MEI), 2017.

Cela explique pourquoi on ne peut qualifier de niveau «Intégré» la maturité de ces processus, bien que soit notée la présence de logiciels potentiellement intégrés. La récente connectivité souterraine va favoriser une remontée des indicateurs en temps réel des opérations et, par conséquent, on peut penser que prochainement il sera possible d'optimiser plus rapidement la planification ou d'alimenter des modèles géologiques par une prise de données plus fiable et plus rapide. En d'autres mots, on pourrait assister à un passage vers une maturité numérique intégrée, voire prédictive, pour plusieurs processus.

Pour l'heure, la moyenne des mines qui ont participé aux entrevues se situe entre les niveaux «Traditionnel» et «Discipliné». Les activités en surface ont une maturité numérique plus élevée, alors que les activités souterraines sont souvent de niveau plus «Traditionnel». On constate que plus on se rapproche de la surface (hissage et concassage), plus les activités de l'entreprise sont automatisées. Cela s'explique notamment par l'accès au réseau de données et à des produits numériques existants. En effet, la gestion des usines de traitement s'effectue avec des logiciels offerts depuis plusieurs années sur le marché, tels que des outils de type MES (*Manufacturing Execution System*).

Les nouvelles technologies privilégiées

La géolocalisation, la maintenance prédictive des véhicules ainsi que les sciences des données sont des technologies pour lesquelles les mines ont déjà majoritairement investi ou sont en cours d'investissement. Il est intéressant de noter que la géolocalisation des véhicules ou des travailleuses et des travailleurs est la seule technologie dans laquelle l'ensemble des entreprises minières ont déjà investi ou ont l'intention d'investir dans les trois prochaines années. On comprend alors que les raisons derrière la faible automatisation du transport du minerai, tel que cela est révélé dans le tableau 1, résident dans le fait que le gain n'est pas dans la réalisation même de l'action de transporter le minerai, mais dans sa coordination pour, par exemple, éviter les files d'attente au concassage. C'est pourquoi la géolocalisation des véhicules et l'exploitation des données arrivent dans le top 5 des intentions d'investissement à très court terme, tel que cela est présenté dans le tableau 4.

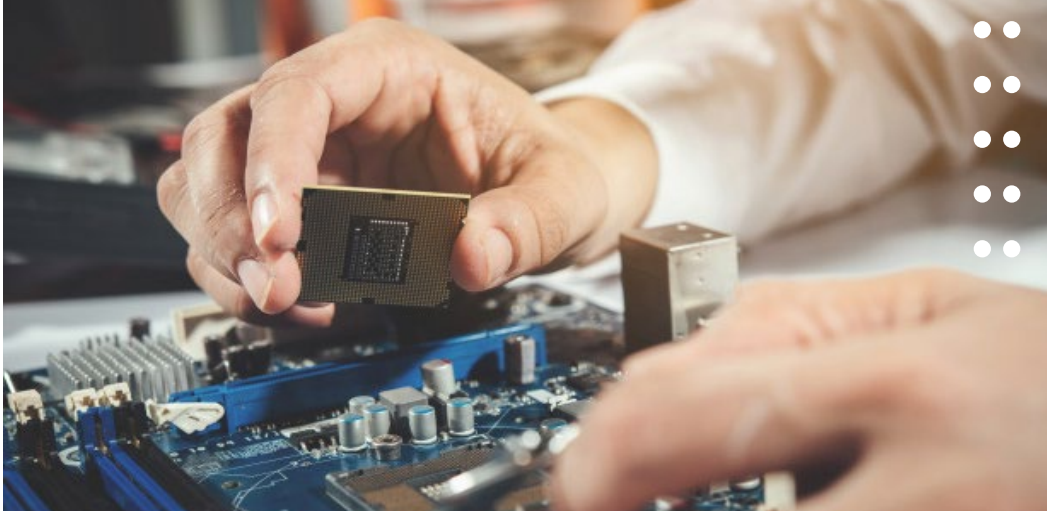


Tableau 4
Intention d'investissement : top 5 des priorités des mines

Priorités	Intention d'investissement
Priorité 1	Géolocalisation des véhicules
Priorité 2	Maintenance prédictive des véhicules mobiles et des équipements
Priorité 3	Sciences des données
Priorité 4	Ventilation sur demande
Priorité 5	Géolocalisation des travailleuses et des travailleurs
Priorité 5 (<i>ex aequo</i>)	Technologies de communication entre machines

Question : «Quelles sont vos intentions d'investissement relativement aux nouvelles technologies suivantes?» Les choix de réponses étaient «Investissement en cours ou déjà fait», «Investissement dans la prochaine année», «Investissement dans les 3 prochaines années», «Aucun investissement prévu d'ici 3 ans».

La maintenance prédictive est sans grande surprise dans les premiers rangs des priorités d'investissement des entreprises minières. Les promesses de la maintenance prédictive sont grandes : augmentation du rendement global (TRG) de l'actif, prolongation de sa durée de vie, protection contre des arrêts imprévus et coûteux et enfin diminution des dépenses d'exploitation.

La science des données qui permet notamment la mise en place de ces modèles de maintenance prédictive ou des modèles d'optimisation à partir de données de géolocalisation se classe au troisième rang. Fait intéressant, la science des données va générer des gains là où les données sont collectées. La récente connectivité souterraine va alimenter une explosion d'actifs (objets, systèmes, etc.) connectés sur le marché. Les opérateurs miniers devront choisir entre une multitude de solutions, mais aussi choisir la manière d'intégrer et d'exploiter ces données.

Pour les trois prochaines années, les intentions d'investissement varient d'une mine à l'autre. Il n'y a pas vraiment de tendance observable chez les entreprises minières au Québec en ce qui concerne les investissements prévus. Les participantes et les participants ont mentionné quelques autres technologies qui font l'objet d'intention d'investissement, telles que la communication souterraine, les drones et la géomorphologie du terrain, l'automatisation et instrumentation à l'usine, la détection de proximité et arrêt automatique, un système de détection de la fatigue, la cybersécurité ainsi que le LTE.

Mentionnons que généralement l'impression 3D et l'intelligence artificielle sont deux technologies pour lesquelles les investissements ne sont pas prévus à court terme. On peut penser que l'intégration du potentiel des infrastructures réseau, du potentiel des données issues des équipements connectés et des systèmes vont précéder le développement de l'intelligence artificielle, mais aussi y conduire.

L'amorce de l'usage du numérique au service de la relation avec les communautés

Pour les mines, le besoin de communiquer, numériquement ou non, avec les communautés avoisinantes varie en fonction de leur proximité géographique avec le milieu. L'intensité des communications est proportionnelle aux impacts des activités minières (bruit, environnement, emplois, etc.). D'ailleurs, plus l'impact sur les communautés est grand, plus le nombre de moyens de communication numériques utilisés sera important afin de favoriser de bonnes relations. Les moyens utilisés sont assez élémentaires lorsque la mine n'a pas beaucoup d'impact sur les communautés situées à proximité.

« On peut avoir recours aux courriels, à des documents d'information, mais autres que ça ? Non, parce qu'on n'a pas d'impact côté environnement, santé et sécurité sur la ville. On ne fait rien de particulier. »

Les principales technologies numériques utilisées pour communiquer sont les réseaux sociaux (Facebook et LinkedIn), ainsi que les sites Web des mines. Les courriels sont également utilisés. Des médias plus traditionnels, tels que le téléphone et la radio, ont également été évoqués par certains dirigeants de mines en tant que moyens pour communiquer avec les communautés.

2.3 Les principaux enjeux des entreprises et leur vision du passage au 4.0

Un sentiment d'urgence pour passer au 4.0

La quasi-totalité des participantes et des participants aux entrevues ressent le besoin de passer au 4.0. La compétitivité dans le marché et l'objectif de demeurer

rentable sont les principales raisons qui expliquent l'importance du passage au 4.0 dans le secteur minier. Un seul dirigeant a mentionné que, dans le cadre de ses opérations actuelles, il ne ressentait pas le besoin d'entamer le passage vers le 4.0, et ce, notamment à cause du faible nombre d'employées et d'employés dans la mine.

Un plan numérique qui n'est pas nécessairement révisé périodiquement

Il va de soi que presque tous les dirigeants croient que le passage au 4.0 est important. Conséquemment, la plupart des mines (8/14) sont dotées d'un plan numérique ou stratégique qui inclut la vision numérique. Cependant, peu d'entre elles en font la révision annuellement (4/14).

Les bénéfices, enjeux et limitations concernant le passage au 4.0

Tel que présenté dans le tableau 5, les principaux bénéfices recherchés par le passage au 4.0 sont l'augmentation de la productivité, de l'efficacité, de l'efficience et de la compétitivité. Ces aspects ont été mentionnés par la grande majorité des participants.

« Pour tenir tête à l'évolution de notre secteur, pour ne pas perdre du terrain. Si nos concurrents évoluent et qu'on n'évolue pas, c'est qu'alors on va être perdant. »

« Les entretiens et les réparations coûtent cher. La maintenance prédictive permettra de faire des économies considérables. »

Un autre bénéfice important souligné par les dirigeants est l'amélioration de la sécurité et la réduction des risques au travail. C'est le deuxième bénéfice qui ressort de l'analyse en termes d'importance.

Tableau 5
Principaux bénéfices recherchés par le passage au 4.0

Bénéfices recherchés	Nombre de mentions
Augmenter la productivité, l'efficacité, l'efficience et la compétitivité	10
Améliorer la sécurité et réduire les risques au travail	6
Pérennité de la mine	1
Pallier les difficultés de recrutement	1
Devenir la mine la plus « techno »	1

Question : « Quels sont les bénéfices recherchés par l'optimisation ou l'acquisition de nouvelles technologies dans la mine ? »

Plusieurs enjeux ont également été évoqués par les dirigeants concernant le passage au 4.0 dans leur mine. Le principal enjeu soulevé est le manque de main-d'œuvre spécialisée, suivi de près par la connectivité et les réseaux de données qui sont souvent inadéquats.

« Ces technologies vont créer un déplacement de l'expertise. Peut-être que, dans le futur, on va avoir besoin d'un peu moins de foreurs mais de plus de techniciens en électrodynamique. Je pense que les personnes qui vont être formées non seulement pour utiliser, mais également pour entretenir les nouvelles technologies, vont être critiques dans le futur. »

« Avec nos infrastructures existantes, ce n'est pas toujours évident d'amener une nouvelle technologie. Il faut changer l'ancienne infrastructure pour prendre cette nouvelle approche du 4.0. »

Le tableau 6 fait état des principaux enjeux mentionnés par les dirigeants.

Le transfert de compétences vers des métiers spécialisés est un enjeu partagé entre les mines. En ce sens, il devient évident que les institutions d'enseignement doivent mettre à jour leurs programmes afin de satisfaire à ces nouveaux besoins. Les dirigeants sont toutefois conscients que les technologies évoluent à une vitesse soutenue difficile à concilier avec la durée requise à la mise à jour des programmes de formation.

Quelques éléments ont également été soulevés par les dirigeants des mines comme étant des éléments qui limitent le passage au 4.0. On retrouve⁶, par exemple, la disponibilité du budget (6), la durée de vie de la mine et le retour sur investissement (4), la complexité et les contraintes de la mine (4), la capacité de changement (3) ainsi que le manque de plan ou d'organisation (2).

Tableau 6
Principaux enjeux concernant le passage au 4.0

Enjeux	Nombre de mentions
Le manque de main-d'œuvre spécialisée* (embauche et formation)	6
La connectivité et les réseaux de données inadéquats	5
Les attentes, la durée de vie de la mine et le RSI	3
Les contraintes liées à la structure des mines et des équipements actuels	2
Le choix des technologies	1

Question : « Quels sont les principaux enjeux auxquels votre mine fait face relativement au passage vers le 4.0 ? »

* Le manque de main-d'œuvre spécialisée fait référence à des employées et des employés spécialisés techniquement (ex. : techniciennes ou techniciens en électrotechnique et en électrodynamique)

Des ressources neutres méconnues

De manière générale, la majorité des entreprises minières ne connaissent pas de ressources neutres (OBNL, organismes de développement économique, etc.) pour les accompagner dans leur prise de décisions technologiques. Les dirigeants mentionnent surtout qu'ils échangent avec des fournisseurs de technologies lorsqu'ils interpellent des ressources externes dans les étapes préparatoires à un projet numérique. Mais ils précisent que ces ressources ne sont pas nécessairement neutres, car elles ont souvent un but commercial.

« Non, quand on parle à ces gens-là, ce sont souvent des fournisseurs des produits, ils ne sont pas complètement neutres. »

« On fait affaire à l'externe, mais on ne peut pas dire que ce sont des gens neutres. Ils ont tous quelque chose à vendre. »

Les mines semblent développer leurs connaissances technologiques principalement par le biais des fournisseurs et des projets réalisés. Le partage d'informations entre les mines semble une pratique courante dans l'industrie, tant au niveau local qu'à l'échelle internationale. Les dirigeants animent et interpellent leur réseau, se rencontrent lors d'événements

et partagent leurs connaissances (LinkedIn est d'ailleurs nommé comme un moyen de communiquer à cet effet).

Par ailleurs, les quelques ressources neutres mentionnées semblent être perçues comme des sources d'information plutôt que comme une aide concrète pour prendre des décisions.

« Je pense qu'il y a certains organismes sur lesquels on siège, qui mettent de l'avant certaines possibilités. En siégeant, on nous soumet des projets sur lesquels on peut participer ou pas. Par contre, prendre des décisions, c'est un gros terme. Est-ce qu'il y a de l'aide à la décision au-delà de l'apport en information ? Pas vraiment. »

Avec un accompagnement neutre, les entreprises bénéficieraient d'un support adapté à leurs propres besoins, ce qui faciliterait leur transition numérique. Ce type d'accompagnement favoriserait une démarche permettant de diagnostiquer les processus, de cibler les gains potentiels selon le contexte d'affaires et de réaliser une planification numérique intégrée priorisant les projets numériques avant de procéder à la sélection des solutions technologiques à implanter. Une démarche qui s'avère gagnante.

⁶ Le chiffre entre parenthèses réfère au nombre de mentions.

Projet numérique inspirant

Le réseau LTE chez Agnico Eagle – Mine LaRonde

Mines Agnico Eagle Limitée est une entreprise canadienne spécialisée dans l'extraction, la transformation et la production d'or depuis 1957. L'entreprise gère huit mines situées au Canada, en Finlande et au Mexique. La division LaRonde en Abitibi-Témiscamingue est la mine phare de l'entreprise. Elle a produit plus de cinq (5) millions d'onces d'or depuis sa mise en service en 1988. Son puits Penna atteint 2,2 kilomètres de profondeur et constitue actuellement le puits à montée unique le plus profond de l'hémisphère occidentale. En juin 2016, la mine LaRonde a atteint une profondeur de 3 008 mètres, ce qui en fait la mine la plus profonde des Amériques.

Il y a à peine deux ans, l'usage du numérique à la mine était plutôt limité. La fibre optique était installée et les activités en surface bénéficiaient d'une certaine numérisation, mais peu de technologies étaient déployées sous terre. L'histoire numérique a réellement pris son envol avec l'installation d'un réseau cellulaire LTE 4G privé mis au point dans le cadre d'un projet de communications souterraines pour la zone 5, communément appelée LZ5. Ce système est en fonction depuis novembre 2017 et en déploiement à la mine LaRonde, depuis 2018. La mise en place de cette technologie, qui intègre les communications vocales et numériques dans le même réseau, était une première dans l'industrie minière canadienne.

La LTE (*Long Term Evolution*) correspond à la quatrième génération des normes de téléphonie mobile (4G). Pour une mine souterraine, cela représente une occasion de se doter d'une infrastructure de communication adaptée aux conditions souvent difficiles sous terre, tout en évitant les contraintes de transmission de la voix, des données et des images. À LaRonde, il fallait composer avec un environnement complexe de plus de trois kilomètres de roche et de murs épais dans un vaste réseau de 200 km de galeries, de rampes, de corridors et d'étages.

La LTE permet de transmettre des données en temps réel à la surface, ce qui ouvre la porte à une foule d'applications numériques, dont le contrôle et l'opération à distance. Contrairement aux systèmes de radios qui couvraient en moyenne 60 % des zones de la mine, la LTE permet de couvrir 100 % des zones et offre une meilleure capacité de bande passante. Elle permet notamment l'utilisation de dispositifs mobiles, tels que les téléphones intelligents, les tablettes, les

ordinateurs portables, les montres connectées, mais également de caméras et d'une foule de capteurs dispersés dans les galeries. Elle ouvre ainsi la porte à de nombreux usages : appels, webconférences, clavardages, géolocalisation des équipements et de la main-d'œuvre, conduite autonome, fiches signalétiques des équipements visualisables à l'aide d'un code barre, dessins d'ingénierie en 3D, etc.

Les bénéfices associés à la mise en place d'un tel réseau sont multiples. La LTE permet notamment d'accélérer l'accès à l'information et d'améliorer les communications avec et entre les travailleuses et les travailleurs, ce qui contribue à la fois à rehausser leur sécurité, mais également à améliorer la prise de décision et la résolution de problèmes. Des communications en temps réel dans l'ensemble de la mine permettent aux employées et employés d'échanger des idées, de faire des appels à tous, d'identifier des pistes de solutions et de réagir rapidement, peu importe où ils se trouvent. Cela représente un avantage majeur comparativement aux traditionnels échanges limités aux rencontres lors des changements de quart de travail. Le système de communication permet également d'améliorer la surveillance des activités sous terre et d'intervenir promptement lors d'une situation d'urgence.

Pour l'entreprise, les gains en productivité sont considérables. Les activités opérationnelles sont plus efficaces étant donné la capacité nouvelle à recueillir des données en temps réel, ce qui ouvre la porte à la surveillance et au contrôle de divers équipements à partir de la surface, ou à leur automatisation au moyen de paramètres programmés. Pour Agnico Eagle, des activités opérationnelles plus efficaces permettent même d'envisager d'exploiter la mine à des niveaux plus profonds, ce qui prolongerait sa durée de vie.

Le coût d'un tel projet s'est chiffré à plus de deux millions de dollars pour l'achat du réseau, des logiciels, du matériel informatique, de quelques centaines de téléphones cellulaires, des droits de licence et des frais d'installation. Le retour sur investissement est rapide et surtout le réseau fait émerger un monde de possibilités insoupçonnées au départ. Afin de tirer profit de l'énorme potentiel des technologies numériques, l'entreprise a réalisé une planification numérique qu'elle met régulièrement à jour afin de faire des choix agiles, d'expérimenter de nouvelles façons de faire et d'optimiser ses processus. Tout cela dans la perspective d'améliorer

l'efficacité opérationnelle, la santé et la sécurité des travailleuses et des travailleurs, tout en contribuant à la pérennité des exploitations.

Pour les dirigeants, la culture de collaboration entre les entreprises minières à l'échelle nationale comme internationale et le partage des meilleures pratiques dans l'industrie assure un soutien important dans l'exploration des usages numériques prometteurs.

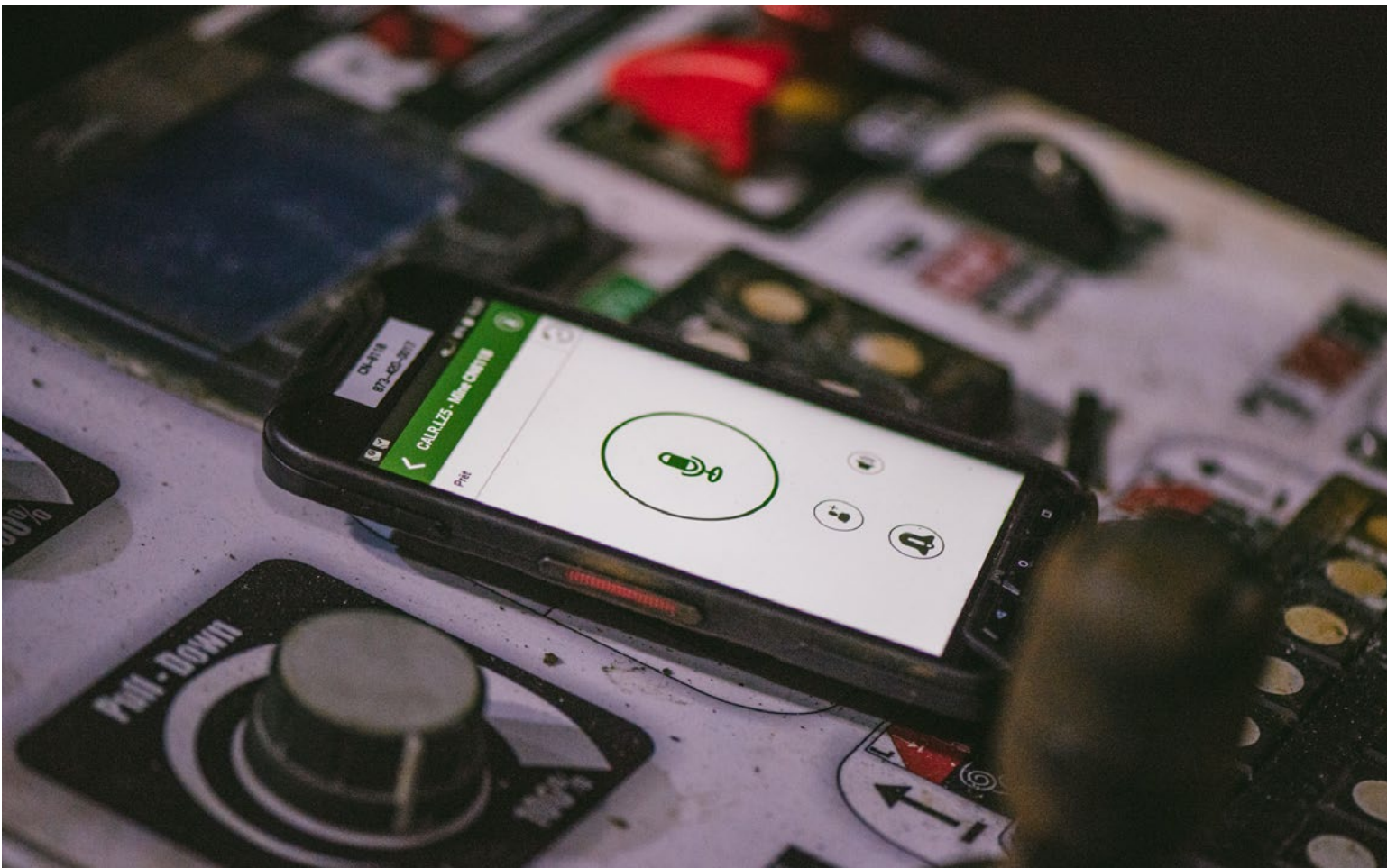
Cette culture de collaboration est bien ancrée et facilitée par le contexte de faible concurrence entre les entreprises concernant la vente de la ressource. L'avantage concurrentiel repose surtout sur l'accès à une main-d'œuvre qualifiée et sur sa rétention, main-d'œuvre de plus en plus attirée par les milieux de travail innovants, sécuritaires et stimulants. Un argument de plus en faveur des investissements numériques novateurs!

Pour en savoir plus sur l'entreprise, il est possible de consulter le site Web agnicoeagle.com.

Merci à nos interlocuteurs :

Luc Girard, surintendant, Optimisation opérationnelle, Agnico Eagle Mines Limited

Alain Larose, surintendant adjoint, Entretien, Agnico Eagle Mines Limited





CHAPITRE 3 :::::

LE PROFIL NUMÉRIQUE DES TRAVAILLEUSES ET DES TRAVAILLEURS MINIERES

Faits saillants de l'enquête NETrailleurs Mines

- Les travailleuses et les travailleurs miniers se perçoivent comme **des utilisatrices et des utilisateurs intermédiaires (47 %) ou avancés (39 %)** en matière d'utilisation des technologies numériques.
- La majorité des travailleuses et des travailleurs (84 %) **jugent avoir toutes les compétences nécessaires** pour utiliser les technologies qui leur sont fournies.
- Nos indices indiquent que **les travailleuses et les travailleurs sont relativement compétents en termes de technologies numériques** selon leur perception :
 - Compétences techniques (81 %);
 - Compétences cognitives (79 %);
 - Compétences collaboratives (76 %).
- **La scolarité et l'endroit de travail** (bureau, usine, terrain) sont les deux facteurs qui ont le plus d'effet sur les compétences numériques des travailleuses et des travailleurs.
- La quasi-totalité des travailleuses et des travailleurs **sont motivés à apprendre à utiliser de nouveaux outils numériques** (96 %) :
 - La majorité des répondantes et des répondants est **intéressée à avoir plus de formations** sur l'utilisation des technologies (90 %).
- **Les freins à l'utilisation du numérique sont minimes.** La peur du manque de contact humain avec la venue de la virtualisation (38 %), la préférence pour les méthodes actuelles (31 %) et le manque de temps pour s'appropriier les nouveaux outils (28 %) sont les freins les plus mentionnés.

Données additionnelles : L'annexe II présente un résumé des différences significatives en termes de compétences numériques des travailleuses et des travailleurs selon le type de mine (sous terre, ciel ouvert, mixte), la région (Abitibi-Témiscamingue, Côte-Nord et Nord-du-Québec) ainsi que l'endroit de travail (bureau, usine, terrain).

L'enquête NETrailleurs Mines a permis de rejoindre 935 travailleuses et travailleurs de mines québécoises, qui ont rempli un questionnaire sur leur utilisation des technologies numériques. Ce chapitre présente les résultats obtenus sur les thèmes suivants : les dispositifs numériques et leurs usages, les compétences numériques et leur degré de perception, de même que les facteurs qui facilitent ou qui freinent l'usage numérique.

3.1 L'usage des technologies par les travailleuses et les travailleurs

En résumé :

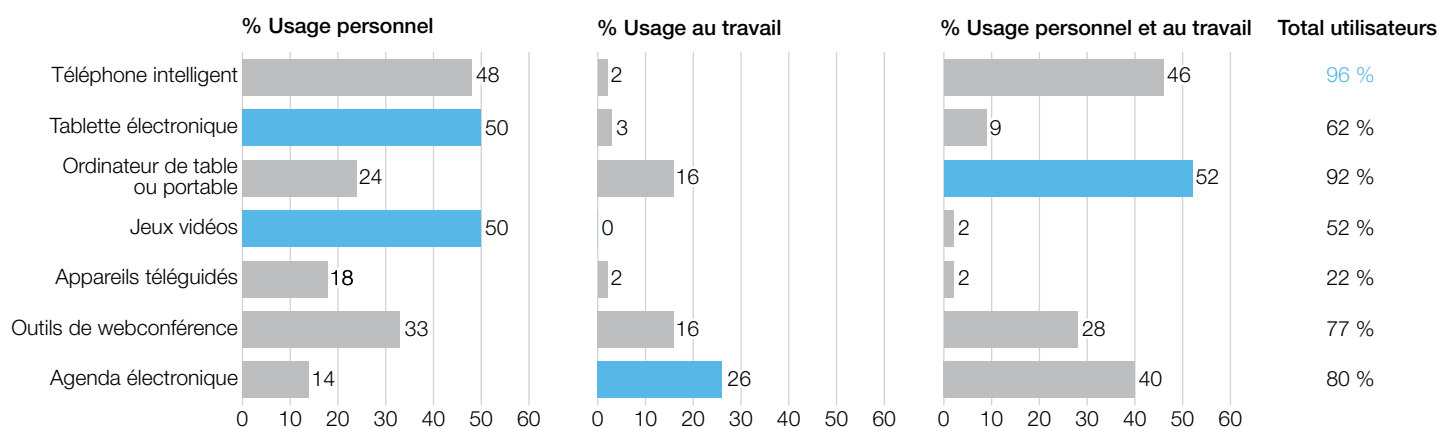
- Le téléphone intelligent (96 %) et l'ordinateur de table ou l'ordinateur portable (92 %) sont les deux dispositifs (appareils) numériques les plus utilisés par les travailleuses et les travailleurs en général.
- 2/3 des travailleuses et des travailleurs utilisent un ordinateur de table ou un ordinateur portable dans le cadre de leur travail.
- Environ la moitié des travailleuses et des travailleurs (48 %) utilisent un téléphone intelligent au travail (« Usage au travail » + « Usage personnel et au travail »).

La figure 4 présente en détail le taux d'utilisation des dispositifs numériques par les travailleuses et les travailleurs sondés. La colonne « Usage au travail » suppose que ces travailleuses et les travailleurs n'utilisent les dispositifs que pour un usage professionnel (par exemple, 2 % des travailleuses et des travailleurs utiliseraient un téléphone intelligent, mais uniquement au travail). La dernière colonne présente le total des situations d'usage, ce qui permet de comprendre que seulement 4 % des répondantes et des répondants à l'enquête n'utiliseraient pas de téléphone intelligent, que ce soit dans leur vie personnelle ou professionnelle, ou les deux.



Figure 4

DISPOSITIFS UTILISÉS POUR UN USAGE UNIQUEMENT PERSONNEL, UNIQUEMENT PROFESSIONNEL ET LES DEUX



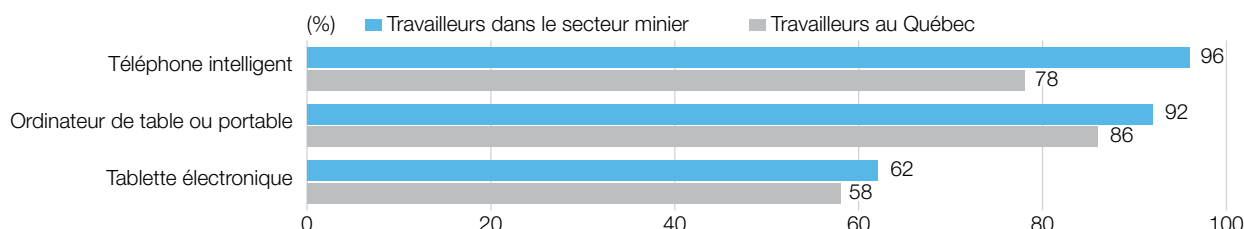
Question : « Pour chacun des dispositifs numériques suivants, veuillez cocher le type d'usage que vous en faites. » (n=935)

Travailleuses et travailleurs du secteur minier versus travailleuses et travailleurs québécois

Tel que présenté en figure 5, les travailleuses et les travailleurs miniers présentent un taux légèrement plus élevé que les autres travailleuses et travailleurs québécois en termes d'usage de technologies (téléphone intelligent, ordinateur et tablette électronique). On peut supposer que cette différence est liée, entre autres, aux conditions salariales favorables offertes par l'industrie minière (les conditions socioéconomiques ayant un effet sur l'usage de dispositifs numériques).

Figure 5

COMPARAISON ENTRE LE TAUX D'UTILISATRICES ET D'UTILISATEURS DES TECHNOLOGIES DANS LE SECTEUR MINIER ET LE TAUX DE DÉTENTRICES ET DE DÉTENTEURS DES TECHNOLOGIES PARMI LES TRAVAILLEUSES ET LES TRAVAILLEURS QUÉBÉCOIS



Question 1 : « Pour chacun des dispositifs suivants, veuillez cocher le type d'usage que vous en faites. »* (n=935)

* (« Usage personnel » + « Usage au travail » + « Usage personnel et au travail »)

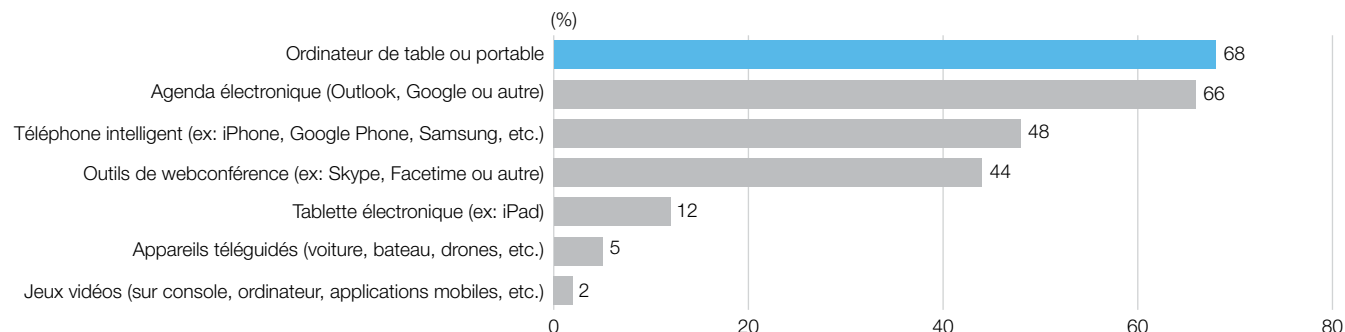
Question 2 : « Vous, personnellement, disposez-vous a) d'un téléphone intelligent b) d'un ordinateur (de table ou portable) c) d'une tablette électronique (2017)? »* (n=11 022)

* Travailleuses et travailleurs au Québec : adultes québécois âgés de 18 ans et plus occupant un emploi à temps plein ou à temps partiel. Source : NETendances 2017, CEFRIQ.

Les ordinateurs, les agendas électroniques, les téléphones intelligents et les outils de webconférence sont les principaux dispositifs numériques utilisés au travail tel que cela est présenté à la figure 6.

Figure 6

USAGE DES TECHNOLOGIES AU TRAVAIL



Question : « Pour chacun des dispositifs numériques suivants, veuillez cocher le type d'usage que vous en faites. »* (n=935)

* (« Usage personnel » et « Usage personnel et au travail »)

Profil des utilisatrices et des utilisateurs des technologies au travail⁷ :

- Plus scolarisés (niveau collégial ou universitaire)
- Travaillent davantage dans les bureaux
- Personnel de bureau, soutien administratif, professionnelles et professionnels, gestionnaires
- Non syndiqués
- Se définissent comme des utilisatrices et utilisateurs avancés ou experts
- Localisés surtout en Abitibi-Témiscamingue
- Travaillent dans une mine à ciel ouvert
- Femmes
- Ont entre 35 et 54 ans



⁷ Selon la moyenne des énoncés pour les personnes ayant sélectionné « Usage au travail » ou « Usage personnel et au travail ».

3.2 Les compétences numériques des travailleuses et des travailleurs

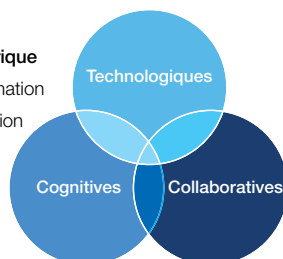
Le modèle de référence conçu par le CEFRIO définit la compétence numérique comme la capacité d'un individu à employer et à combiner ses connaissances (son savoir), ses habiletés (son savoir-faire) et son attitude (son savoir-être) par rapport à trois sphères de compétences liées, soit les compétences technologiques, collaboratives (sociales) et cognitives, afin d'utiliser adéquatement les technologies de l'information (TI) nouvelles ou existantes. La prochaine section réfère à ce modèle dans les énoncés utilisés lors des collectes (figure 7).

Figure 7

MODÈLE DE RÉFÉRENCE DES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES DU CEFRIO

Sélectionner, interpréter et évaluer l'information numérique

- La création, l'évaluation, l'analyse, le stockage de l'information
- La détermination des besoins informationnels et la sélection des logiciels appropriés à la tâche
- Valeur et risques des données



Utiliser efficacement les TI

- L'utilisation de logiciels
- L'utilisation d'équipements informatiques
- L'application de mesures appropriées de sécurité

Collaborer et résoudre des problèmes dans un environnement numérique

- Le partage d'informations
- L'usage de soutiens à la tâche
- L'appel à tous virtuel
- L'apprentissage continu dans un environnement numérique

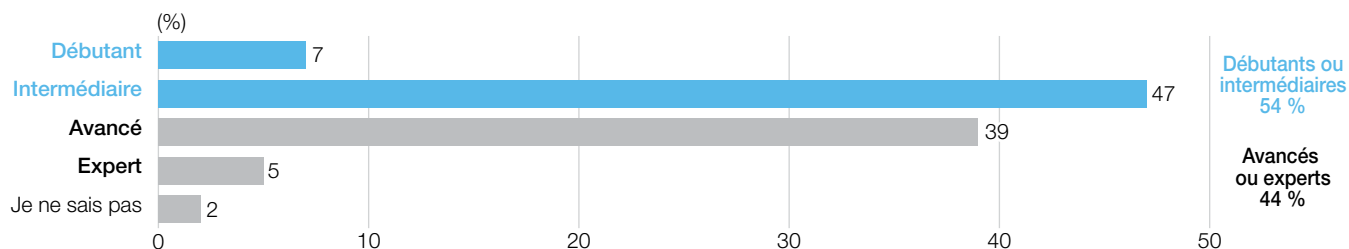
Source: Bourdeau, 2016

La perception de leur compétence numérique globale

Les travailleuses et les travailleurs miniers interrogés s'estiment globalement « Débutants ou intermédiaires » dans une proportion moyenne de 54 %, alors que 44 % s'estiment « Avancés ou experts » (figure 8).

Figure 8

NIVEAU PERÇU EN TANT QU'UTILISATRICES ET UTILISATEURS DE TECHNOLOGIES



Question : « En matière d'utilisation des technologies numériques, vous considérez-vous comme un utilisateur... ? »

Le profil des répondantes et des répondants qui se perçoivent comme des utilisatrices et des utilisateurs débutants ou intermédiaires est présenté dans les paragraphes suivants. Il est suivi de celui des répondantes et des répondants se percevant comme des utilisatrices et des utilisateurs avancés ou experts. Les groupes mentionnés sont ceux qui sont relativement plus nombreux à faire partie de ce groupe. Par exemple, les personnes ayant une scolarité de niveau primaire ou secondaire sont significativement plus nombreuses à se percevoir comme des utilisatrices et des utilisateurs débutants ou intermédiaires.

En effet, 70 % des personnes ayant une scolarité de niveau primaire ou secondaire se perçoivent ainsi.

Chacun des profils des répondantes et répondants dans cette section est présenté dans le même ordre d'idées, c'est-à-dire que les différents profils présentent les sous-groupes qui sont relativement plus nombreux à avoir ses caractéristiques.

Profil des répondantes et des répondants qui se perçoivent comme des utilisatrices et des utilisateurs débutants ou intermédiaires :

- Scolarité de niveau primaire ou secondaire : 70 %;
- 35 ans et plus (35-54 : 62 %, 55+ : 70 %);
- Contremaîtres, chefs d'équipe, capitaines, superviseuses ou superviseurs (70 %);
- Travaillent sur le terrain (68 %);
- Syndiqués (66 % versus 52 %);
- Opératrices ou opérateurs manuels et techniciennes ou techniciens (61 %);
- Hommes (58 % versus 46 %).

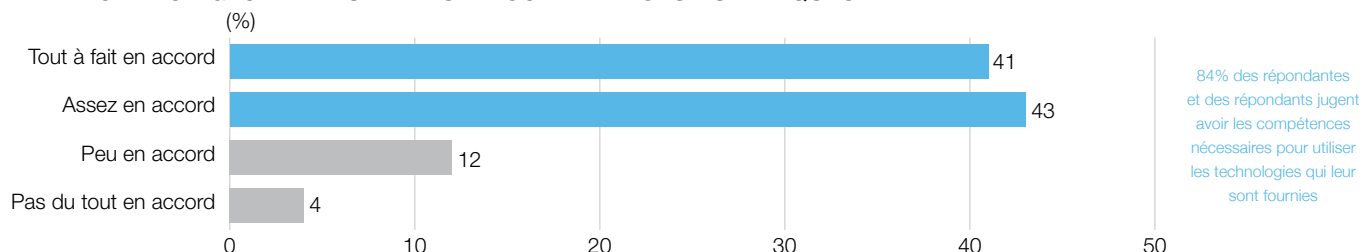
Profil des répondantes et des répondants qui se perçoivent comme des utilisatrices et des utilisateurs avancés ou experts :

- Universitaires (62 %);
- Ont entre 18 et 34 ans (59 %);
- Personnel de bureau, soutien administratif, professionnelles et professionnels, gestionnaires (57 %);
- Travaillent dans les bureaux (56 %);
- Non syndiqués (48 % versus 34 %);
- Femmes (54 % versus 42 %).



Figure 9

LA PERCEPTION GLOBALE DU NIVEAU DE COMPÉTENCES NUMÉRIQUES



84 % des répondantes et des répondants jugent avoir les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies

Question : «Que ce soit au travail ou à la maison, dans quelle mesure êtes-vous en accord ou en désaccord avec l'énoncé suivant ?—«Je juge avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui me sont fournies»* (n=935)

*(Les mentions « Je ne sais pas » ont été exclues de l'analyse.)

Profil des répondantes et des répondants qui jugent avoir toutes les compétences nécessaires :

- Ont entre 18 et 34 ans (92 %)
- Se perçoivent comme des utilisatrices et des utilisateurs avancés ou experts (97 %);
- Employées et employés de bureau, soutien administratif, professionnelles et professionnels et gestionnaires (92 %);
- Plus scolarisés (niveau collégial : 91 %, niveau universitaire : 93 %);
- Travaillent dans les bureaux (93 %);
- Non syndiqués (87 % versus 72 %);
- Femmes (90 % versus 82 %).

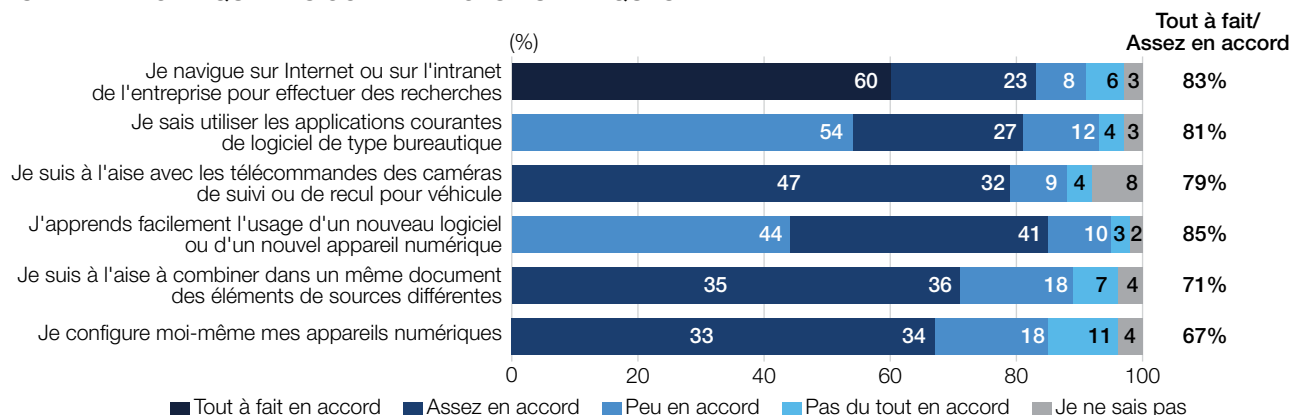


La sphère technique des compétences numériques

L'indice pour la **sphère technique est de 81 %**⁸. Cet indice est calculé en fonction de la moyenne des mentions «Tout à fait en accord» et «Assez en accord»; des énoncés mesurant la sphère technique présentés dans la figure 10. Cependant, il est important de relever que les mentions «Je ne sais pas» et «Je préfère ne pas répondre» ont été exclues lors de l'analyse de cet indice.

Figure 10

LA SPHÈRE TECHNIQUE DES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES



Question : «Que ce soit au travail ou à la maison, dans quelle mesure êtes-vous en accord ou en désaccord avec chacun des énoncés suivants ? » (n=935)

⁸ Basé sur la moyenne des énoncés de la sphère technique, le pourcentage représente les répondants ayant mentionné être «Tout à fait» ou «Assez en accord».

Le paragraphe suivant dresse le profil des travailleuses et des travailleurs qui sont relativement plus nombreux à posséder des compétences de nature technique. À titre d'exemple, 92 % des répondantes et des répondants qui se perçoivent comme des utilisatrices et utilisateurs avancés ou experts possèdent des compétences de nature technique.

Profil des travailleuses et des travailleurs possédant les compétences de nature technique

- Se perçoivent comme des utilisatrices et des utilisateurs avancés ou experts (92%);
- Ont une scolarité plus élevée (niveau collégial : 85%, niveau universitaire : 89%);
- Ont entre 18 et 34 ans (86%);
- Travaillent davantage dans les bureaux (88%);
- Personnel de bureau, soutien administratif, professionnelles et professionnels et gestionnaires (88%);
- Non syndiqués (83% versus 73%);
- Femmes (84% versus 80%);
- Sont surtout localisés en Abitibi-Témiscamingue (82%).



Le tableau 7 présente plusieurs sous-groupes en fonction de l'indice de la sphère technique qui est de 81 %, tel que cela a été mentionné précédemment. Par exemple, il est possible de dire que l'indice pour la sphère technique est de 80 % chez les hommes, tandis qu'il est de 84 % chez les femmes. Par ailleurs, les chiffres en rouge indiquent des résultats significativement supérieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %. Les chiffres en bleu indiquent des résultats significativement inférieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %.

Tableau 7

Indice détaillé de la sphère technique des compétences numériques

Indice - sphère technique (%)

Total	Homme	Femme	Syndiqué	Non Syndiqué	Sur le terrain	Dans les bureaux	À l'usine de transformation	Sous terre	Ciel ouvert	Mixte	Opérateurs et techniciens	Contremaître, chef d'équipe, capitaine, superviseur	Autres emplois
81	80	84	73	83	73	88	78	79	82	84	77	75	88

Indice - sphère technique (%)

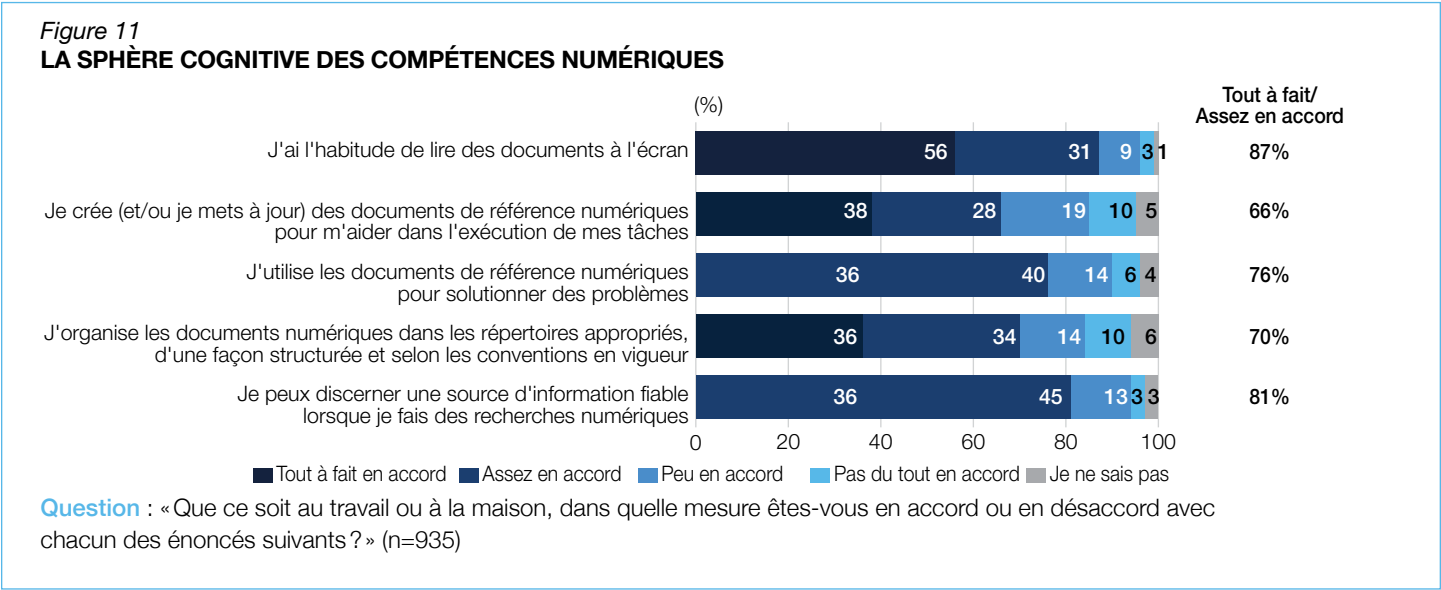
Total	Abitibi-T.	Côte-Nord	Nord du Québec	18-34 ans	35-54 ans	55 ans et plus	Primaire ou secondaire	Collégial	Universitaire	Débutant et intermédiaire	Avancé et expert
81	82	81	78	86	80	69	71	85	89	72	92

Question : « Que ce soit au travail ou à la maison, dans quelle mesure êtes-vous en accord ou en désaccord avec chacun des énoncés suivants ? » * (n=935)

* (« Tout à fait en accord » + « Assez en accord » uniquement. Les mentions « Je ne sais pas » ont été exclues de l'analyse.)

La sphère cognitive des compétences numériques

L'indice pour la sphère cognitive est de 79 %⁸. Comme pour l'indice de la sphère technique, cet indice est calculé en fonction de la moyenne des mentions « Tout à fait en accord » et « Assez en accord »; des énoncés mesurant la sphère cognitive présentées dans la figure 11. Cependant, les mentions « Je ne sais pas » et « Je préfère ne pas répondre », ont été exclues lors de l'analyse de cet indice.



⁸ Basé sur la moyenne des énoncés de la sphère technique, le pourcentage représente les répondants ayant mentionné être « Tout à fait » ou « Assez en accord ».

Profil des travailleuses et des travailleurs possédant les compétences de nature cognitive

- Se perçoivent comme des utilisatrices et des utilisateurs avancés ou experts (90 %);
- Travaillent davantage dans les bureaux (89 %);
- Scolarité de niveau collégial (85 %) ou universitaire (89 %);
- Personnel de bureau, soutien administratif, professionnelles et professionnels et gestionnaires (88 %);
- Ont entre 18 et 34 ans (82 %);
- Non syndiqués (82 % versus 68 %);
- Femmes (85 % versus 77 %);
- Sont surtout localisés en Abitibi-Témiscamingue (81 %).



Tableau 8
Indice détaillé de la sphère cognitive des compétences numériques

Moyenne des énoncés (%)

Total	Homme	Femme	Syndiqué	Non Syndiqué	Sur le terrain	Dans les bureaux	À l'usine de transformation	Sous terre	Ciel ouvert	Mixte	Opérateurs manuels et techniciens	Contremaître, chef d'équipe, capitaine, superviseur	Autres emplois
79	77	85	68	82	68	89	77	77	81	83	71	77	88

Moyenne des énoncés (%)

Total	Abitibi-T.	Côte-Nord	Nord du Québec	18-34 ans	35-54 ans	55 ans et plus	Primaire ou secondaire	Collégial	Universitaire	Débutant ou intermédiaire	Avancé et expert
79	81	79	74	82	79	66	67	85	89	70	90

Question : «Que ce soit au travail ou à la maison, dans quelle mesure êtes-vous en accord ou en désaccord avec chacun des énoncés suivants?» * (n=935)⁹

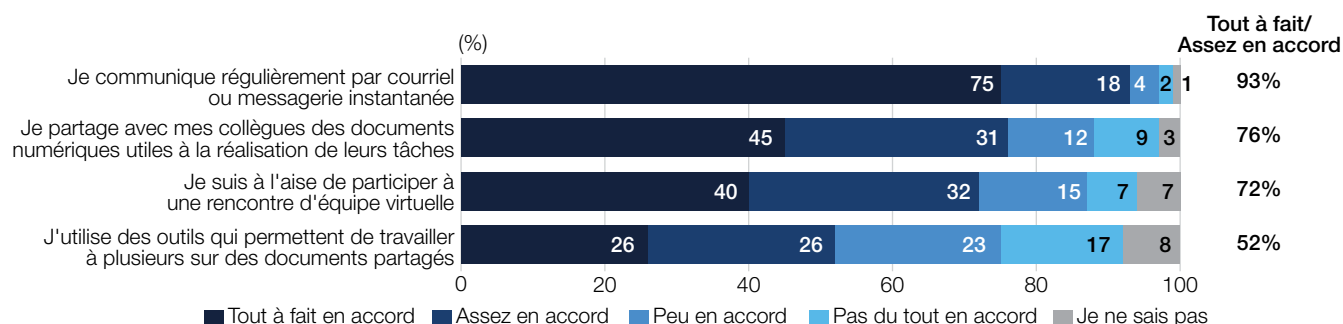
* («Tout à fait en accord» + «Assez en accord» uniquement. Les mentions «Je ne sais pas» ont été exclues de l'analyse.)

La sphère collaborative des compétences numériques

L'indice pour la **sphère collaborative est de 76 %**⁸. Comme pour les deux autres indices présentés précédemment, il est calculé en fonction de la moyenne des mentions «Tout à fait en accord» et «Assez en accord»; des énoncés mesurant la sphère collaborative. Les mentions «Je ne sais pas» et «Je préfère ne pas répondre», ont également été exclues lors de l'analyse de l'indice.

Figure 12

LA SPHÈRE COLLABORATIVE DES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES



Question : «Que ce soit au travail ou à la maison, dans quelle mesure êtes-vous en accord ou en désaccord avec chacun des énoncés suivants?» (n=935)

⁸ Basé sur la moyenne des énoncés de la sphère technique, le pourcentage représente les répondants ayant mentionné être «Tout à fait» ou «Assez en accord».

⁹ Les chiffres en rouge indiquent des résultats significativement supérieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %. Les chiffres en bleu indiquent des résultats significativement inférieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %.

Profil des travailleuses et des travailleurs possédant les compétences de nature collaborative

- Scolarité de niveau collégial (82 %) ou universitaire (89 %);
- Personnel de bureau, soutien administratif, professionnelles et professionnels et gestionnaires (89 %);
- Travaillent davantage dans les bureaux (88 %);
- Se perçoivent comme des utilisatrices et utilisateurs avancés ou experts (86 %);
- Non syndiqués (80 % versus 62 %);
- Ont entre 18 et 34 ans (77 %);
- Femmes (83 % versus 74 %);
- Travaillent davantage dans une mine à ciel ouvert (79 %);
- Sont surtout localisés en Abitibi-Témiscamingue (78 %).



Tableau 9
Indice détaillé de la sphère collaborative des compétences numériques

Moyenne des énoncés (%)													
Total	Homme	Femme	Syndiqué	Non Syndiqué	Sur le terrain	Dans les bureaux	À l'usine de transformation	Sous terre	Ciel ouvert	Mixte	Opérateurs manuels et techniciens	Contremaître, chef d'équipe, capitaine, superviseur	Autres emplois
76	74	83	62	80	64	88	72	74	79	80	65	77	89
Moyenne des énoncés (%)													
Total	Abitibi-T.	Côte-Nord	Nord du Québec	18-34 ans	35-54 ans	55 ans et plus	Primaire ou secondaire	Collégial	Universitaire	Débutant ou intermédiaire	Avancé et expert		
76	78	77	72	77	77	71	63	82	89	69	86		

Question : « Que ce soit au travail ou à la maison, dans quelle mesure êtes-vous en accord ou en désaccord avec chacun des énoncés suivants ? » * n=935⁹

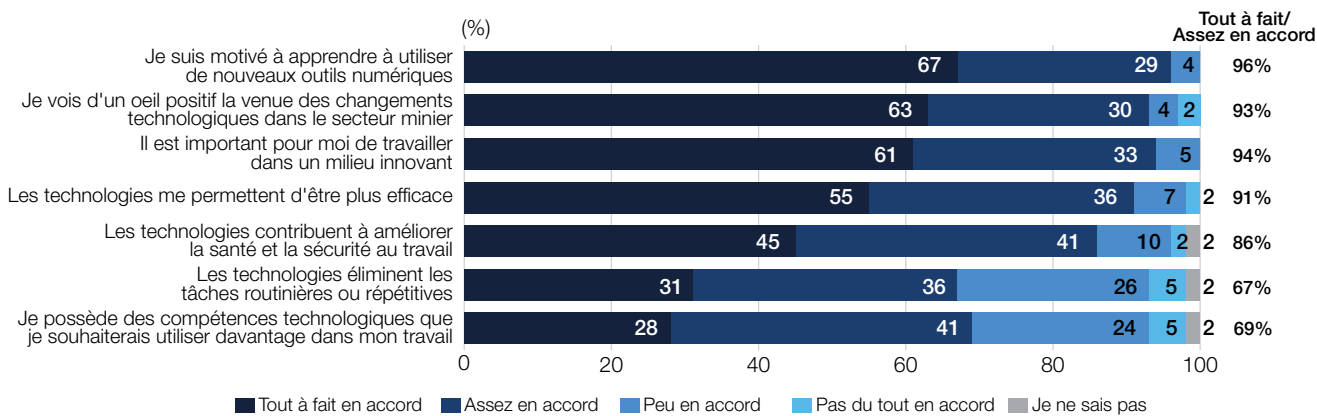
* (« Tout à fait en accord » + « Assez en accord » uniquement. Les mentions « Je ne sais pas » ont été exclues de l'analyse.)

3.3 Les facteurs qui facilitent ou qui freinent l'usage numérique

En résumé :

- Les travailleuses et les travailleurs sont motivés à utiliser le numérique dans le cadre de leur travail.
- Les freins à l'utilisation du numérique sont négligeables.
- Les travailleuses et les travailleurs sont intéressés à avoir plus de formations sur l'utilisation des technologies.
- Les universitaires ainsi que les travailleuses et les travailleurs qui ont entre 18 et 34 ans sont significativement moins intéressés par la formation sur l'utilisation des technologies.
- Les contremaîtres, chefs d'équipe, capitaines et superviseuses ou superviseurs sont plus intéressés par la formation comparativement aux autres catégories d'emploi.

Figure 13
LES MOTIVATIONS À UTILISER LE NUMÉRIQUE

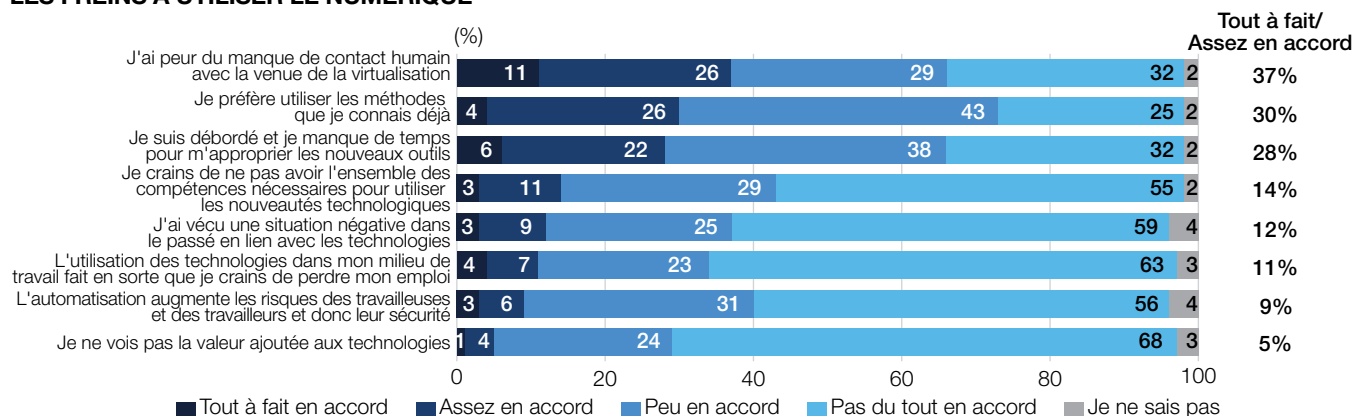


Question : « À quel niveau êtes-vous en accord ou en désaccord avec les énoncés suivants concernant votre motivation à utiliser le numérique ? » (n=935)

⁹ Les chiffres en rouge indiquent des résultats significativement supérieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %. Les chiffres en bleu indiquent des résultats significativement inférieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %.

Figure 14

LES FREINS À UTILISER LE NUMÉRIQUE



Question : « À quel niveau êtes-vous en accord ou en désaccord avec les énoncés suivants concernant vos craintes face aux technologies ? » (n=935)

Les trois paragraphes suivants présentent les sous-groupes faisant face aux principaux freins de l'utilisation du numérique (figure 14 et tableau 10).

Peur du manque de contact humain

- Débutants et intermédiaires (44 % pour les répondantes et répondants se considérant comme débutants et intermédiaires versus 29 % pour les répondantes et répondants se considérant comme avancés et experts);
- Région de la Côte-Nord (47 %);
- Scolarité de niveau primaire ou secondaire (42 %);
- Femmes (44 % pour les femmes vs 36 % pour les hommes).

Préférences pour les méthodes actuelles

- Syndiqués (46 % versus 27 % pour les non-syndiqués);
- Personnes travaillant sur le terrain (42 %);
- Opératrices ou opérateurs et techniciennes ou techniciens (40 %);
- Scolarité primaire ou secondaire (40 %);
- Débutantes ou débutants et intermédiaires (37 % versus 24 % pour les avancés ou les experts);
- Hommes (34 % versus 22 % pour les femmes);
- Région du Nord-du-Québec (36 %).

Manque de temps pour s'approprier les nouveaux outils

- Contremaîtres, chefs d'équipe, capitaines et superviseuses ou superviseurs (37 %);
- Débutantes ou débutants et intermédiaires (34 % versus 22 % pour les avancés ou les experts);
- Ont entre 35 et 54 ans (32 %).

Tableau 10
Principaux énoncés des freins à utiliser le numérique

(%)	Total	Homme	Femme	Syndiqué	Non Syndiqué	Sur le terrain	Dans les bureaux	À l'usine de transformation	Sous terre	Ciel ouvert	Mixte	Opérateurs manuels et techniciens	Contremaître, chef d'équipe, capitaine, superviseur	Autres emplois
J'ai peur du manque de contact humain avec la venue de la virtualisation	38	36	44	43	36	40	36	35	36	41	34	40	34	36
Je préfère utiliser les méthodes que je connais déjà	31	34	22	46	27	42	23	27	32	31	27	40	29	21
Je suis débordé et je manque de temps pour m'approprier les nouveaux outils technologiques	28	28	27	31	27	27	31	24	29	29	22	26	37	28
(%)	Total	18-34 ans	35-54 ans	55 ans et plus	Primaire ou secondaire	Collégial (DEC, AEC)	Universitaire	Abitibi-T.	Côte-Nord	Nord du Québec	Débutant ou intermédiaire	Avancé et expert		
J'ai peur du manque de contact humain avec la venue de la virtualisation	38	36	40	34	42	36	31	36	47	34	44	29		
Je préfère utiliser les méthodes que je connais déjà	31	31	31	31	40	26	23	28	32	36	37	24		
Je suis débordé et je manque de temps pour m'approprier les nouveaux outils technologiques	28	21	32	32	28	27	29	28	32	25	34	22		

Question : « À quel niveau êtes-vous en accord ou en désaccord avec les énoncés suivants concernant vos craintes face aux technologies ? » * (n=935)⁹

* (« Tout à fait en accord » + « Assez en accord » uniquement. Les mentions « Je ne sais pas » ont été exclues de l'analyse.)

⁹ Les chiffres en rouge indiquent des résultats significativement supérieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %. Les chiffres en bleu indiquent des résultats significativement inférieurs au total, dans un intervalle de confiance d'au moins 95 %.

La formation et le soutien au sein de l'entreprise

Profil des répondantes et des répondants qui sont plus intéressés par la formation sur l'utilisation des technologies (figure 15) :

- Contremaîtres, chefs d'équipe, capitaines, superviseuses et superviseurs (97 %);
- Travaillent dans une mine à ciel ouvert (94 %);
- Ont entre 35 et 54 ans (92 %).

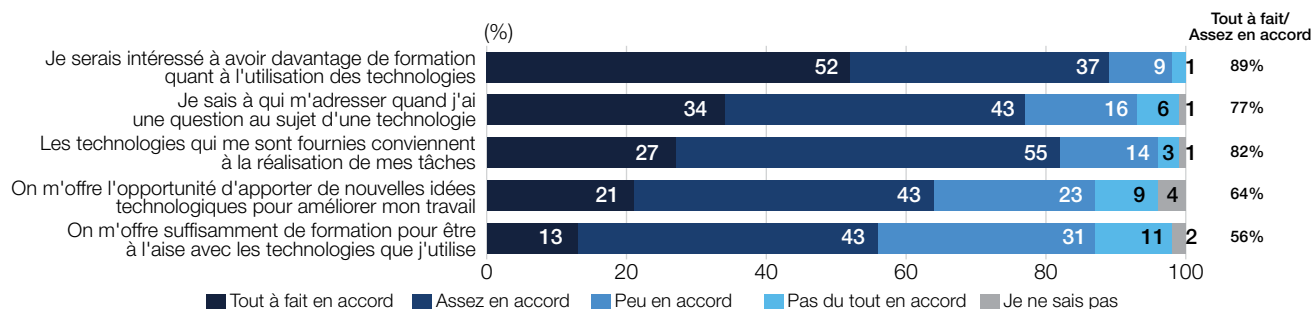
Profil des répondantes et des répondants qui sont significativement moins intéressés par la formation :

- Localisés dans le Nord-du-Québec (86 %);
- Universitaires (87 %);
- Ont entre 18 et 34 ans (87 %);
- Travaillent dans une mine sous terre (88 %).



Figure 15

LA FORMATION ET LE SOUTIEN OFFERTS EN ENTREPRISE



Question : « À quel niveau êtes-vous en accord ou en désaccord avec les énoncés suivants concernant le soutien offert dans votre milieu de travail pour le numérique ? » (n=935)

Projet numérique inspirant

Les camions autonomes chez Hecla Québec – Mine Casa Berardi

La mine aurifère Casa Berardi a été acquise par Hecla Mining Company en 2013. Avec sept mines en exploitation en Amérique du Nord, Hecla est un producteur d'or en croissance, le plus grand producteur d'argent aux États-Unis et la plus ancienne entreprise de métaux précieux cotée à la bourse NYSE en Amérique du Nord. La mine Casa Berardi, considérée à la fois comme une mine souterraine et une mine à ciel ouvert, est située à 90 km au nord de La Sarre, en Abitibi-Témiscamingue. Avec une production annuelle de 160 000 onces d'or, une durée de vie de quinze (15) ans et plus de 1 000 employés, elle est l'une des plus importantes mines d'or au Québec.

En 2017, Casa Berardi devenait la troisième mine au monde à utiliser un camion autonome. Un an plus tard, ce sont deux camions entièrement autonomes qui sillonnent la mine sous terre et effectuent plusieurs trajets quotidiennement entre quatre (4) points de chargement du minerai et deux (2) points de déchargement, pour revenir à leur point de départ. Le chargement des camions est effectué par un opérateur situé dans la salle de contrôle à la surface. Le transport ainsi que le déchargement sont effectués de façon entièrement autonome. L'intervention humaine sous terre est requise durant le quart de travail pour faire le ravitaillement (carburant, graisse, urée, etc.) ainsi que pour effectuer les vérifications préopératoires des camions.

Un système comprenant deux (2) scanners (un à l'avant et un à l'arrière), des caméras, un réseau sans fil ainsi que le recours à l'intelligence artificielle assurent le bon déplacement des véhicules. Les camions fonctionnent de manière prévisible selon des itinéraires programmés et sont équipés de systèmes de détection des obstacles. Les scanners reconnaissent l'environnement dans lequel les camions se déplacent et ils décèlent tout changement dans la galerie afin d'éviter d'éventuelles collisions. Par exemple, si le système détecte un changement significatif de la route ou si le camion s'approche trop près d'une paroi de la galerie, le camion s'immobilise et transmet un message d'alerte à l'opérateur du centre de contrôle. Si les conditions du sol ne sont pas favorables à la circulation, si le camion roule dans un grand trou ou sur une grosse roche, une alerte est également envoyée à l'opérateur afin que celui-ci ralentisse le camion à cet endroit. L'opérateur peut ensuite signaler que la galerie



a besoin d'un entretien. Enfin, les deux véhicules sont capables de se reconnaître entre eux et de se céder mutuellement le passage.

Un tel projet numérique vise à réduire les coûts d'opération et à augmenter la productivité. D'une part, l'utilisation de camions autonomes permet d'augmenter le nombre d'heures d'opération effectuées par jour comparativement au nombre d'heures d'opération effectuées en utilisant des camions manuels. En effet, les camions autonomes peuvent également continuer à «travailler» durant les changements de quarts de travail et ils voyagent à plus grande vitesse que les camions manuels. D'autre part, étant donné que les camions sont automatisés et que leur déplacement est standardisé, la consommation des ressources est régulière et moins sujette à des variations ou à des compromis dus à des usages excessifs, ce qui permet de réduire les coûts de carburant et de maintenance des véhicules.

En plus d'augmenter l'efficacité opérationnelle, le projet accroît également la sécurité, car les premières analyses tendent à démontrer une diminution du nombre d'incidents. En effet, puisque les opérateurs sont confortablement assis dans la salle de contrôle plutôt que dans les camions sous terre, les risques d'accident sont réduits pour le personnel. L'accès à la zone automatisée est hautement surveillé et tout accès imprévu arrêtera immédiatement les camions.

Projet numérique inspirant (suite)

Les camions autonomes chez Hecla Québec – Mine Casa Berardi

La transformation numérique de la mine Casa Berardi s'appuie sur le succès de ses premiers projets. Avant l'arrivée des camions autonomes, la mine avait entrepris la numérisation de quelques processus et l'automatisation de différentes opérations, dont le hissage du minerai. Tant à la mine qu'au siège social, la direction appuie fortement les projets numériques et les travailleuses et les travailleurs sont prêts à évoluer dans un environnement de changement. Alors que d'autres pourraient y voir une menace, l'équipe de la mine s'approprie les nouveaux usages et constate les bénéfices rencontrés, tant sur l'amélioration de la productivité et la capacité à faire face aux pressions du marché que sur les conditions de travail et les occasions de développement professionnel. Le nombre d'employés étant en constante progression au cours des dernières années, la peur de perdre son emploi ne s'est pas imposée malgré les changements de certains profils d'emploi requis pour l'intégration de nouvelles technologies.

La mise en place d'un projet d'envergure comme les camions autonomes requiert une planification et une préparation soutenue. Cette étape essentielle peut facilement être sous-estimée. En effet, malgré les efforts consentis et l'étroite collaboration avec le partenaire fournisseur, certains travaux de préparation ont dû être repris afin que la dimension de la galerie et le nivellement du terrain puissent accueillir les camions et offrir les conditions requises à la circulation autonome.

Une autre étape considérable a été de définir tous les scénarios susceptibles de survenir afin d'adapter les processus et les procédures de travail. La réalisation de nouvelles politiques devrait s'amorcer plus tôt que tard, car elle prend du temps. L'appropriation des nouvelles procédures a également requis plus d'efforts que cela n'avait été initialement prévu. La gestion du changement et la formation doivent être abordées le plus tôt possible dans un projet de transformation numérique. Le développement des compétences et l'adaptation aux nouvelles façons de faire doivent être planifiés adéquatement afin que tous les employés concernés reçoivent la formation requise.

Lors de la réalisation des travaux préparatoires, un autre défi a consisté en la cohabitation de plusieurs équipes appelées à œuvrer simultanément dans un espace restreint et confiné. Des ouvriers s'affairaient au développement de la galerie, alors que d'autres étaient responsables des installations électriques et de la fibre optique. La clé pour respecter tant les échéanciers que le budget est de mandater un gestionnaire de projet responsable de coordonner les opérations : la logistique, l'ordonnancement, le suivi de l'avancement et celui des budgets, et surtout la communication avec les différents fournisseurs et travailleuses et travailleurs. Un gestionnaire de projet doit posséder à la fois des compétences techniques et des compétences sociales. Et, c'est démontré, les projets bien planifiés et bien gérés ont deux fois plus de chance d'être complétés avec succès.

Pour en savoir plus sur l'entreprise, visitez le site www.hecla-quebec.com.

Merci à notre interlocuteur :

Dave Descôteaux, ingénieur électrique, chargé de projets, Hecla Québec

CHAPITRE 4 :::::

LA FORMATION EN ENTREPRISE ET LES COMPÉTENCES DE L'AVENIR

La transformation numérique des entreprises minières et le virage au 4.0 auront des impacts sur les métiers et les professions de l'industrie. L'automatisation ne fera pas disparaître les emplois, mais leur profil changera. La mise en œuvre de projets numériques a pour effet de transformer non seulement les processus, mais également les pratiques professionnelles. Pour faciliter le changement et l'appropriation des nouveaux usages, la formation et le développement des compétences sont une clé de succès incontournable. Ce chapitre aborde la formation en entreprise, l'impact de la numérisation sur la main-d'œuvre ainsi que la question de l'amorce des travaux pour cibler les compétences clés à l'ère du numérique.

4.1 La formation en entreprise pour soutenir l'usage de nouvelles technologies

Neuf mines sur quatorze (9/14) n'ont pas de plans de formation, de développement ou de transfert des compétences pour soutenir l'usage de nouvelles technologies dans la mine. La formation est généralement planifiée par les fournisseurs de technologies en fonction des projets. Ces mines (9/14) ont des formateurs internes dont le rôle principal est l'entraînement à la tâche. C'est souvent une personne, ou un petit groupe de personnes, qui sera formée à l'externe et qui transmettra ses connaissances à l'interne :

« Les gens qui ont suivi la formation vont être en mesure de la donner à leur tour aux gens à l'interne. Ce sont des "super usagers". C'est le chargé de projet qui va se faire former et, après ça, il va pouvoir donner les différentes formations aux membres des équipes. »

Même si la plupart des mines (67 %) ont déclaré soutenir leurs formations en utilisant des outils numériques, peu de technologies sont mentionnées par les dirigeants.

Les principales technologies sont les suivantes⁶ :

- La gestion de formation (4);
- Le cyberapprentissage (4);
- Le simulateur (1).

En ce sens, il est possible de qualifier de « Traditionnel » le niveau de maturité numérique des TI utilisées pour soutenir la formation, puisqu'il s'agit généralement d'un processus manuel soutenu en partie par des outils de bureautique. Notons toutefois que les stratégies de formation et les moyens pour la soutenir peuvent être plus élaborés que celles qui ont été citées. Cela pourrait s'expliquer par une méconnaissance des dirigeants des pratiques de formation offertes par les services de ressources humaines des entreprises.

La formation sera un élément important pour soutenir l'usage de nouvelles technologies, car les employés sont très réceptifs à la formation. L'enquête NETrailleurs Mines a permis de mesurer que la quasi-totalité des répondantes et des répondants (96 %) sont motivés à apprendre à utiliser de nouveaux outils numériques. Par ailleurs, la majorité des travailleuses et des travailleurs (89 %) seraient intéressés à recevoir plus de formation sur l'utilisation des technologies. Plus spécifiquement, les travailleuses et les travailleurs âgés de 35 à 54 ans, les contremaîtres, les chefs d'équipe, les capitaines et superviseuses et superviseurs ainsi que les répondantes les répondants travaillant dans une mine à ciel ouvert correspondent à ceux qui sont plus intéressés par une formation sur l'utilisation des technologies.

Les employées et les employés des mines devront être numériquement de plus en plus qualifiés. Ils devront continuer à développer leurs compétences, car les innovations et les nouveaux usages technologiques vont continuer à évoluer et à transformer leur

⁶ Le chiffre entre parenthèses réfère au nombre de mentions.

quotidien professionnel. Pour ce faire, les entreprises devront peut-être développer des approches de formations numériques en amont de l'implantation des projets, plutôt qu'offrir des formations à la pièce. Pour y arriver, de nouveaux modèles de partenariat avec des institutions d'enseignement sont à explorer pour encourager la formation en alternance travail-études. C'est une option qui permettrait aux travailleuses et aux travailleurs de développer des compétences alignées sur les besoins des entreprises minières et aux institutions d'enseignement d'offrir des parcours plus souples qui facilitent la formation continue.

4.2 L'impact de la numérisation sur la main-d'œuvre : le point de vue des dirigeants

Les impacts de la numérisation sur la main-d'œuvre mentionnée par les dirigeants portent davantage sur une transformation des compétences. En fait, la main-d'œuvre doit être de plus en plus spécialisée pour répondre aux exigences de l'implantation de nouvelles technologies. Plus spécifiquement, les impacts mentionnés sont les suivants⁶ :

- Transformation des tâches et nouveaux métiers plus spécialisés (4);
- Besoins en formation (4);
- Embauche (3);
- Relocalisation du travail (migration du travail) (2).

Bien que les dirigeants soient conscients de l'impact de la numérisation sur leurs ressources humaines, il est intéressant de noter que peu de mines ont une stratégie de relocalisation, de mise à pied ou d'embauche pour faire face à ces changements. Les échanges à ce sujet montrent plutôt que les entreprises prévoient un changement graduel des profils de compétences, la création de nouveaux postes, la diversification des pratiques professionnelles, le tout sans mises à pied, surtout dans le contexte de pénurie qui prévaut actuellement.

« Tout au plus, certains métiers ne seront pas remplacés lors de départs à la retraite et la relève occupera de nouvelles fonctions. »

Dans un autre ordre d'idées, les dirigeants perçoivent plusieurs bénéfices à l'introduction de nouvelles technologies pour accroître la santé et la sécurité des travailleuses et des travailleurs. Les principaux bénéfices sont les suivants⁶ :

- Un travail moins dur physiquement et moins exposé aux risques (8);
- La détection des travailleuses et des travailleurs (5);
- La détection de proximité (3);
- Une meilleure communication et rapidité d'intervention (2);
- Un meilleur environnement (qualité de l'air et régulation de la température) (2).

De plus, les dirigeants observent peu de freins à l'usage de nouvelles technologies en ce qui concerne la santé et la sécurité des travailleuses et des travailleurs. Néanmoins, la technologie pourrait générer de nouveaux risques qui sont encore peu connus. Des analyses de risques devront être réalisées.

Le manque de vigilance est l'un des aspects qui a été soulevé comme étant un revers de la médaille des nouvelles technologies. À titre d'exemple, l'un des dirigeants a mentionné qu'un système anticollision pourrait faire en sorte que les travailleuses et les travailleurs soient moins vigilants. Les appareils personnels des employés peuvent également être un risque pour les employées et les employés dans les mines.

« Les téléphones cellulaires, dans notre contexte d'opération, c'est aussi un risque. Quelqu'un qui se promène en regardant son téléphone, ça arrive, et on essaye d'éliminer ça. Ce ne sont pas nécessairement les nouvelles technologies que la mine implante qui sont distrayantes, mais les technologies (ou dispositifs numériques) déjà disponibles et qu'on ne contrôle pas nécessairement toujours bien. »

À titre d'information, l'enquête NETrailleurs Mines révèle que 96 % des travailleuses et des travailleurs dans le secteur minier utilisent un téléphone intelligent, et ce, au travail et/ou à la maison. La moitié d'entre eux (48 %) utilisent leur téléphone intelligent dans le cadre de leur travail.

Il est aussi intéressant de souligner que la majorité des dirigeants croient que les employées et les employés ont une perception de l'arrivée des nouvelles technologies favorable ou neutre.

« Je n'ai jamais vraiment eu de "kickback" sur des nouvelles technologies et usages qu'on a mis en place. Sauf si ça ne fonctionne pas bien et que le processus n'a pas été bien planifié. Mais habituellement, c'est vu d'un bon œil, surtout si ça améliore le travail. Tout le monde souhaite que l'entreprise performe bien. »

L'enquête NETrailleurs Mines démontre que les travailleuses et les travailleurs dans le secteur minier sont assez favorables à l'arrivée des nouvelles technologies. De fait, 93 % des personnes répondantes voient d'un œil positif la venue des changements technologiques dans le secteur minier. Par ailleurs, pour la majorité des répondantes et répondants (94 %), il est important de travailler dans un milieu innovant.

En fait, seuls deux dirigeants ont mentionné que l'arrivée de nouvelles technologies inquiétait certains employés et employées. Selon ces dirigeants, les gens craignent de perdre leur emploi, puisque ces nouvelles technologies pourraient remplacer quelques postes.

Notons enfin que l'usage de technologies de détection et de géolocalisation pourrait soulever de nouveaux enjeux éthiques. Par exemple, les objets connectés qui sont

⁶ Le chiffre entre parenthèses réfère au nombre de mentions.



insérés dans l'équipement et le casque minier pourraient éventuellement faire émerger une perception de contrôle et de surveillance exagérés.

L'enquête NETrailleurs Mines a permis de déterminer que 11 % des répondantes et répondants seulement craignent de perdre leur emploi à cause de l'utilisation des technologies dans leur milieu de travail.

La perception des dirigeants par rapport aux compétences numériques de leurs employées et employés

De manière générale, il est possible de constater que les travailleuses et travailleurs de mines souterraines (contremaîtres, chefs d'équipes, capitaines, superviseuses et superviseurs, opérateurs ainsi que les travailleuses et travailleurs manuels) sont perçus comme ayant moins d'habiletés en lien avec le numérique. En effet, les dirigeants les situent dans la fourchette allant d'« Assez compétents » à « Peu compétents ».

Les dirigeants croient que les compétences numériques des employées et des employés varient en fonction de leur âge. Les plus jeunes employées et employés sont généralement perçus comme ayant plus d'habiletés à utiliser le numérique, tandis que les contremaîtres, chefs d'équipe, capitaines ainsi que superviseuses et superviseurs qui ont plus d'expérience (et sont donc habituellement plus âgés) ont souvent des compétences numériques moindres.

L'enquête NETrailleurs Mines présente des résultats similaires à la perception qu'ont les dirigeants des compétences numériques de leurs employés. En effet, le profil des répondants qui jugent avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies révèle que ce sont surtout des travailleuses et travailleurs âgés de 18 à 34 ans œuvrant dans les bureaux (employés de soutien administratif, professionnels ou gestionnaires).

Les professionnelles et professionnels, les gestionnaires, les techniciennes et techniciens ainsi que les employées et les employés de bureau et de soutien administratif sont situés par les dirigeants dans la fourchette allant de « Très » à « Assez » compétents.

4.3 Les compétences numériques de l'avenir

Dans sa publication intitulée « **Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec : Exemple de l'industrie minière³** » l'Institut national des mines :

La vitesse à laquelle les innovations obligeront une transition des travailleuses et travailleurs vers de nouvelles occupations dépendra du rythme du développement et de l'adoption de ces innovations. Certaines tâches disparaîtront, de nouvelles seront créées [...] De plus, ces travailleuses et travailleurs devront maintenant détenir des compétences diversifiées afin d'accomplir des tâches plus variées. [...] Dans le secteur minier, l'hybridation des métiers implique que les opérateurs soient capables d'alterner des phases de travail manuel et des phases de travail plus réflexives. Ils devront posséder des compétences transversales qui leur permettront de bien concevoir les processus et d'évaluer l'impact de leurs tâches sur la chaîne de valeur.

La transformation numérique imposera des changements dans le profil de compétences des métiers. Certains postes requerront des travailleuses et travailleurs férus de technologie (spécialistes TI/TO), alors que d'autres impliqueront un profil hybride où la spécialisation du métier fera également appel à une aisance dans l'usage du numérique. Les ressources spécialisées pourraient également être recrutées dans d'autres secteurs industriels.

« Aujourd'hui, les compétences de notre équipe du centre d'opérations sont similaires à celles requises pour gérer un réseau de trains de banlieue ou un système de contrôle du trafic aérien. »

Par exemple, la « téléopérabilité » fait en sorte que l'opérateur n'effectuera plus les mêmes tâches, puisque l'opération est automatisée; il va plutôt être amené à traiter les non-conformités et à assurer le suivi de la maintenance.

³ Institut national des mines. 2018. « Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec. Exemple de l'industrie minière ». En ligne. URL : http://www.inmq.gouv.qc.ca/RadFiles/Documents/DOCUMENTS/DOCUMENTS/696/INMQTransformation_numerique_complet_WEB.pdf

Vers un référentiel des compétences à l'ère du numérique

À l'automne 2018, l'INMQ et ses partenaires ont souhaité mettre en place un groupe de travail composé d'acteurs clés de l'industrie, entre autres des représentants d'entreprises minières et d'établissements d'enseignement, afin de réfléchir aux compétences clés requises à l'ère du numérique et de s'outiller pour préparer adéquatement les travailleuses et les travailleurs actuels et ceux de la relève. Les travaux amorcés à l'automne ont permis de dresser une première liste des compétences qui serviront à établir un référentiel, qui sera rendu public au cours de l'année 2019. Ce référentiel servira notamment à la création de nouveaux profils de compétences pour une dizaine de métiers de l'avenir de la mine 4.0.

Voici quelques prémisses qui ont balisé les travaux du groupe de travail :

- L'interconnexion et l'intégration des systèmes font en sorte que les technologies de l'information (TI) et les technologies opérationnelles (TO) sont appelées à être interreliées et sont désignées sous l'appellation « technologies numériques ».
- Les métiers liés à la science, aux technologies et aux ressources informationnelles (RI), à l'ingénierie et aux mathématiques connaissent une croissance évidente, mais ils représentent une catégorie non majoritaire de travailleuses et travailleurs miniers. Une grande proportion de la main-d'œuvre demeure des opératrices et des opérateurs et des techniciennes et des techniciens.

L'exercice a porté spécifiquement sur ces travailleuses et travailleurs, et non sur les ressources spécialisées RI.

- Les opératrices et les opérateurs et les techniciennes et les techniciens ne sont pas des experts de la technologie, mais ils doivent être en mesure de travailler conjointement avec leurs collègues des RI (et des autres disciplines), et ils doivent savoir utiliser les technologies numériques mises à leur disposition.
- Pour ce faire, la main-d'œuvre doit développer un éventail de compétences transversales et de compétences numériques, composées de compétences techniques, cognitives et collaboratives (voir modèle de référence des compétences numériques à la figure 7).



Projet numérique inspirant

Foreuses automatisées et centre de gestion intégrée des opérations chez ArcelorMittal – Mine Mont-Wright

Situé à une vingtaine de kilomètres de Fermont dans la région de la Côte-Nord, le complexe minier Mont-Wright d'ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c. produit du concentré et des boulettes d'oxyde de fer destinés au marché de l'acier. ArcelorMittal se classe parmi les cinq (5) plus grands producteurs de produits de minerai de fer à l'échelle internationale. La mine Mont-Wright est l'un des plus vastes gisements à ciel ouvert en Amérique du Nord avec une superficie de 24 kilomètres carrés. Ces installations sont assorties d'un impressionnant parc d'équipement minier, qui comprend les plus gros camions de production de l'est du Canada ainsi que d'immenses pelles à câbles.

La transformation numérique de l'entreprise s'est amorcée il y a plusieurs années, par la réalisation d'une planification numérique globale «*digital road map*» qui vise à concrétiser un processus intégré du début à la fin de la chaîne de valeur de l'entreprise «de la mine à la bouée». Tous les processus ont été revus afin d'identifier ce qui pouvait être numérisé pour générer de la valeur. La démarche empruntée a reposé sur l'optimisation des systèmes et des solutions existantes plutôt que sur le fait d'envisager systématiquement de nouvelles acquisitions. En réalisant la cartographie des processus et l'analyse des usages numériques en cours, l'entreprise a réalisé que ses systèmes étaient utilisés entre 15 % à 20 % seulement de leur capacité.

Chacun des départements a alors été mis à contribution pour cibler les processus spécifiques à améliorer et dresser un plan d'action permettant de tirer profit du plein potentiel des technologies numériques. C'est ainsi que s'est dessinée la planification des prochaines années, une étape à la fois, en misant d'abord et avant tout sur la mobilisation et le développement des ressources humaines, qui sont appelées à utiliser les systèmes et les différentes technologies à leur disposition. La clé : miser sur le facteur humain.

C'est en 2014 qu'est né le projet ADS (*Autonomous Drilling System*) qui visait à automatiser partiellement le système de forage de l'entreprise. L'objectif initial n'était pas d'implanter un système autonome qui allait fonctionner en continu, mais plutôt d'optimiser les heures où l'activité des foreuses devait être interrompue, soit environ trois heures par jour (pauses, heures de repas et changements de poste). Pour les travailleuses et les travailleurs concernés, l'initiative représentait un changement considérable et l'une des



étapes cruciales a été d'œuvrer à l'acceptabilité du projet et de démontrer les bénéfices recherchés par l'automatisation. Alors que l'humain fait fonctionner plus efficacement la machine sur une courte période de temps, la foreuse automatisée offre une meilleure productivité à long terme, car son activité est standardisée. Il était difficile pour les opérateurs de comprendre en quoi cela serait un gain pour eux, voire pour l'entreprise. La réponse a été donnée, entre autres, par la reconnaissance de l'importance et de la qualité du travail de la main-d'œuvre, puis par la démonstration que l'intention n'était pas de remplacer les opérateurs, mais bien de pallier les temps d'arrêt des équipements et des véhicules. Le système automatisé allait également permettre de réduire l'usure de l'équipement et de hausser la productivité, ce qui allait contribuer à améliorer la santé financière de l'entreprise, un gain pour tous. L'automatisation amenait un double avantage : une réduction des dépenses liées à la maintenance et l'entretien, et une diminution de la variabilité de la production.

À la suite de la mise en œuvre du projet, d'autres avantages sont apparus pour les travailleuses et les travailleurs, dont un ajustement à la hausse de leur rémunération flexible et une capacité nouvelle à pouvoir répondre à une autre demande en cours d'opération. En effet, les opératrices et les opérateurs sont aujourd'hui en mesure de se déplacer sans devoir arrêter la foreuse lorsque leur aide est requise ailleurs sur le chantier. Ils apprécient cette flexibilité nouvelle, qui leur permet de varier leur tâche.

Projet numérique inspirant (suite)

Mise en place d'un centre de gestion intégrée des opérations (CGIO)

Le plus récent projet numérique d'envergure chez ArcelorMittal est la mise en place d'un centre de gestion intégrée des opérations (CGIO) ou *Remote operating center (ROC)*. Installé à Longueuil, le centre permet de gérer à distance toutes les activités reliées aux opérations minières qui ont cours à des milliers de kilomètres. L'aventure a commencé en 2016. Forte des leçons apprises du projet numérique précédent, l'entreprise a investi des efforts considérables afin de faciliter le changement. Elle a mis son équipe au cœur de la transformation et a impliqué tous ces travailleuses et travailleurs dès les premières phases du projet. Pour que les employées et les employés comprennent bien le fonctionnement, les nouveaux rôles et les objectifs du CGIO, un centre temporaire a été installé sur le site de la mine. Les employées et les employés ont ainsi pu expérimenter ce centre. Après six (6) mois d'expérimentation, l'installation permanente s'est faite en milieu urbain, entre autres pour faciliter le recrutement des ressources spécialisées difficiles à embaucher en région éloignée.

Beaucoup plus qu'un centre de répartition, le CGIO représente, pour ArcelorMittal, l'avenir des mines et repose sur trois leviers : l'analyse, la productivité et l'optimisation. La philosophie de ce projet est de combiner l'intelligence naturelle (humaine) à l'intelligence artificielle. L'objectif est d'arriver à « fusionner » la technologie, les processus et les gens afin d'offrir un milieu professionnel sécuritaire et productif. Un CGIO permet de connecter les données et les ressources, sans que les systèmes opèrent. Il s'agit plutôt de réunir dans une même salle des spécialistes de différentes disciplines impliquées dans les décisions opérationnelles. Cela permet à tous les acteurs d'avoir rapidement une discussion et de comprendre les impacts d'une décision sur les différents maillons de la chaîne de valeur. Ces interactions permettent de tirer profit de l'interdisciplinarité, de briser les silos, tout en s'ajustant en temps réel plutôt que d'attendre les rencontres d'équipe en début de quart de travail.

Ce fonctionnement contribue également à réagir rapidement aux événements qui surviennent. Par exemple, si un opérateur de la salle de contrôle a connaissance d'une situation potentiellement dangereuse sur le chantier, il peut communiquer instantanément avec un conducteur de camion afin de l'en informer et proposer une série d'opérations pour réduire les risques et régler promptement la situation. La réaction est immédiate, elle permet des interventions rapides et la mise en œuvre de solutions optimales.

Comme les décisions se prennent dorénavant en équipe, de nouvelles compétences sont à développer pour la main-d'œuvre, notamment en matière de collaboration et de communication, que ce soit en présence ou en mode virtuel. Le profil des emplois évolue et de nouvelles compétences numériques sont dorénavant requises. Les nouveaux usages numériques permettent de faire un lien entre l'expérience des générations actuelles et les aptitudes des générations futures nées à l'ère du numérique et des jeux vidéo.

Avec l'arrivée imminente du 5G (la cinquième génération des communications sans fil), les opérations à distance seront encore plus efficaces, ce qui, ouvrira la porte à des pratiques inédites. En effet, la capacité d'échange de données en temps réel aura moins de contraintes et offrira une qualité de son et d'image qui permettra de suivre et de gérer encore mieux à distance ce qui se passe sur le terrain. Pour aborder la prochaine transformation, ArcelorMittal mise de nouveau sur ses ressources humaines, en prenant le temps de déterminer les profils professionnels complémentaires requis, puis les plans de formation et de développement à offrir à ses équipes. « L'implication du personnel en amont pour une transition numérique harmonieuse ».

Pour en savoir plus sur l'entreprise, visitez www.transformerlavenir.com.

Merci à notre interlocuteur :

Paul Bird, directeur général, Ressources humaines et services intégrés, ArcelorMittal



CONCLUSION : : : : : : : : : : : : : : : :

C'est indéniable, l'exploitation minière ne peut plus se contenter des méthodes et des façons de faire conventionnelles. L'industrie évolue dans un contexte de changement où l'avantage concurrentiel repose en grande partie sur la productivité et la réduction des coûts d'opération. Les entreprises minières doivent embrasser l'innovation, avoir recours à des ressources compétentes et à des technologies numériques de pointe.

Actuellement, un défi s'impose pour augmenter le niveau de maturité numérique des mines qui se situe entre les niveaux « Traditionnel » et « Discipliné » pour bon nombre d'entre elles. Le retard dans les investissements numériques des dernières décennies s'explique, entre autres, par les contraintes situationnelles auxquelles plusieurs mines étaient confrontées et qui limitaient notamment la capacité d'usage des technologies de l'information et d'Internet, surtout pour les mines souterraines. L'arrivée de technologies de rupture, tels les réseaux de données souterrains et le 5G, constitue un changement de paradigme majeur qui pourrait propulser rapidement l'industrie

vers des niveaux de maturité numérique « Intégrée », « Prédictive », voire « Autonome ». La *téléopérabilité* de la surface pourrait même bientôt s'effectuer hors des sites d'exploitation, à des milliers de kilomètres des mines.

Les investissements dans les technologies de l'information (TI) et les technologies opérationnelles (TO) ont été en moyenne de 5,7 millions de dollars en 2018. Cela représente, en moyenne, 3,4 % du budget d'opération en TI/TO des mines québécoises. Il est possible de conclure que les dirigeants des mines québécoises saisissent l'importance du passage au 4.0. La grande majorité des mines du Québec appartiennent à des entreprises ayant une présence mondiale, elles évoluent dans des réseaux de partage des meilleures pratiques et elles ont accès à des ressources de financement.

Industrie pragmatique, elle décide de ses investissements numériques en considérant la rentabilité et l'amélioration de la santé et de la sécurité des travailleuses et des travailleurs, deux priorités unanimes. D'une part, l'usage

optimisé du numérique permet de réduire les coûts de gestion et d'opération, avantage crucial puisque l'ouverture et l'exploitation d'une mine impliquent d'énormes capitaux. D'autre part, les technologies numériques contribuent à améliorer les conditions de travail et à rehausser la sécurité des travailleuses et travailleurs, ce qui est considérable dans un contexte de rareté de la main-d'œuvre où l'avantage concurrentiel repose en partie sur l'attraction et le maintien de ressources qualifiées.

Certes, le virage numérique apportera son lot de changements, mais il ouvrira également la porte à de nouveaux modèles d'affaires, voire à l'émergence de nouvelles opportunités commerciales pour les fournisseurs et les développeurs de solutions. La résilience des entreprises, la capacité d'innover et de s'adapter à une culture de changement pourraient devenir des facteurs clés de croissance et de performance. Et pour faciliter le passage, la formation et le développement des compétences numériques devront être au cœur des stratégies.

ANNEXE I



LISTE DES MINES RÉPONDANTES

Merci à toutes les entreprises participantes!

Collecte 1 Enquête auprès des travailleuses et travailleurs miniers

1. Barry Deposit (Bonterra Resources)
2. Beaufor (Corporation Aurifère Monarques)
3. Bracemac-McLeod – Mine Matagami (Glencore)
4. Canadian Malartic (Partenariat Canadian Malartic)
5. Casa Berardi (Hecla Québec)
6. Éléonore (Newmont Goldcorp)
7. Fire Lake (ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c.)
8. Goldex (Agnico Eagle Mines Limited)
9. Groupe Minier CMAC-Thyssen
10. Horne 5 (Ressources Falco)
11. Iron Ore Company of Canada (Rio Tinto)
12. Kiena Complex (Wesdome)
13. Lac Bloom (Minerai de fer Québec)
14. Lac Tio (Rio Tinto Fer et Titane)
15. Lamaque (Eldorado Gold)
16. Langlois (Nyrstar)
17. LaRonde (Agnico Eagle Mines Limited)
18. Mason Graphite
19. Mont-Wright (ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c.)
20. Niobec (Magris Resources)
21. North American Lithium (CatI)
22. Nunavik Nickel (Canadian Royalties)
23. Raglan (Glencore)
24. Renard (Stornoway)
25. Westwood (IAMGOLD Corporation)

Collecte 2 Entrevues téléphoniques auprès de dirigeants de mines

1. Barry Deposit (Bonterra Resources)
2. Canadian Malartic (Partenariat Canadian Malartic)
3. Casa Berardi (Hecla Québec)
4. Goldex (Agnico Eagle Mines Limited)
5. Horne 5 (Ressources Falco)
6. Lac Bloom (Minerai de fer du Québec)
7. Lamaque (Eldorado Gold)
8. LaRonde (Agnico Eagle Mines Limited)
9. Matagami (Glencore)
10. Mines Seleine (K+S Sel Windsor Itée)
11. Mont-Wright (ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c.)
12. Raglan (Glencore)
13. Renard (Stornoway)
14. Westwood (IAMGOLD Corporation)

Collecte 3 Entrevues téléphoniques auprès de responsables de projets numériques

1. Casa Berardi (Hecla Québec)
2. Lamaque (Eldorado Gold)
3. LaRonde (Agnico Eagle Mines Limited)
4. Mont-Wright (ArcelorMittal Exploitation minière Canada s.e.n.c.)

ANNEXE II



DONNÉES COMPLÉMENTAIRES SUR LES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES DES TRAVAILLEUSES ET DES TRAVAILLEURS

Voici trois sections résumant les différences significatives* de compétences numériques des travailleuses et travailleurs selon le type de mine (sous terre, ciel ouvert, mixte), la région (Abitibi-Témiscamingue, Côte-Nord et Nord-du-Québec) ainsi que l'endroit de travail (bureau, usine, terrain).

*Statistiques observées.

Selon le type de mine

Travailleuses et travailleurs œuvrant dans les mines sous terre

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans les mines sous terre sont moins nombreux à utiliser le téléphone intelligent, l'ordinateur, des outils de webconférence ainsi que les agendas électroniques. Ils sont plus nombreux à utiliser la tablette électronique.
- Compétences numériques : Ils obtiennent des indices de mesure des compétences techniques, cognitives et collaboratives inférieurs.
- Perception globale des compétences : Ils sont moins nombreux à juger avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies.
- Motivations : Ils sont moins nombreux à trouver qu'il est important pour eux de travailler dans un milieu innovant.
- Soutien : Ils sont moins nombreux à souhaiter davantage de formation quant à l'utilisation des technologies. Par ailleurs, ils sont plus nombreux à penser qu'on leur offre l'opportunité d'apporter de nouvelles idées technologiques pour améliorer leur travail.

Travailleuses et travailleurs œuvrant dans les mines à ciel ouvert

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans les mines à ciel ouvert sont plus nombreux à utiliser le téléphone intelligent, l'ordinateur et l'agenda électronique.
- Compétence collaborative : Ils obtiennent un indice de mesure des compétences collaboratives supérieur.

- Motivations : Ils sont plus nombreux à trouver qu'il est important pour eux de travailler dans un milieu innovant.
- Soutien : Ils sont moins nombreux à trouver qu'on leur offre suffisamment de formation pour être à l'aise avec les technologies qu'ils utilisent. Par ailleurs, ils sont plus nombreux à vouloir davantage de formation sur l'utilisation des technologies.

Travailleuses et travailleurs œuvrant dans les mines mixtes

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans les mines mixtes sont plus nombreux à utiliser l'ordinateur et les outils de webconférence.
- Freins : Ils sont moins nombreux à croire que l'utilisation des technologies dans leur milieu de travail leur fera perdre leur emploi ou que l'automatisation augmente les risques liés à la sécurité.
- Soutien : Ils sont plus nombreux à trouver qu'on leur offre suffisamment de formation pour être à l'aise avec les technologies qu'ils utilisent. Ils sont également plus nombreux à savoir à qui s'adresser quand ils ont une question au sujet d'une technologie.

Selon la région

Travailleuses et travailleurs œuvrant en Abitibi-Témiscamingue

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant en Abitibi-Témiscamingue sont moins nombreux à utiliser la tablette électronique et les jeux vidéo. Ils sont plus nombreux à utiliser l'ordinateur et l'agenda électronique.

- Compétences numériques : Ils obtiennent des indices de mesure des compétences techniques, cognitives et collaboratives supérieurs.
- Motivations : Ils sont plus nombreux à être d'accord avec la quasi-totalité des énoncés portant sur la motivation (6/7).
- Freins : Ils sont moins nombreux à craindre la perte de leur emploi à cause de l'utilisation des technologies dans leur milieu de travail et sont moins nombreux à préférer utiliser les méthodes qu'ils connaissent déjà.
- Soutien : Ils sont plus nombreux à être d'accord avec la grande majorité des énoncés portant sur la motivation (4/5).

Travailleuses et travailleurs œuvrant sur la Côte-Nord

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans la région de la Côte-Nord sont plus nombreux à utiliser le téléphone intelligent au travail.
- Freins : Ils sont plus nombreux à craindre la perte de leur emploi à cause de l'utilisation des technologies dans leur milieu de travail. Par ailleurs, ils sont plus nombreux à avoir peur du manque de contact humain avec la venue de la virtualisation.
- Soutien : Ils sont moins nombreux à trouver qu'on leur offre suffisamment de formation pour être à l'aise avec les technologies qu'ils utilisent.

Travailleuses et travailleurs œuvrant dans le Nord-du-Québec

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans le Nord-du-Québec sont plus nombreux à utiliser la tablette électronique, les jeux vidéo ainsi que les appareils téléguidés. À l'inverse, ils sont moins nombreux à utiliser le téléphone intelligent, l'ordinateur et l'agenda électronique.
- Compétences numériques : Ils obtiennent des indices de mesure des compétences techniques, cognitives et collaboratives inférieurs.
- Perception globale des compétences : Ils sont moins nombreux à juger avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies.

- Motivations : Ils sont plus nombreux à être en désaccord avec la majorité des énoncés portant sur la motivation (5/7).
- Freins : Ils sont plus nombreux à préférer utiliser des méthodes qu'ils connaissent déjà.
- Soutien : Ils sont moins nombreux à souhaiter davantage de formation quant à l'utilisation des technologies. Ils sont également moins nombreux à savoir à qui s'adresser lorsqu'ils ont une question au sujet d'une technologie et à penser qu'on leur offre l'opportunité d'apporter de nouvelles idées technologiques.

Selon l'endroit de travail

Travailleuses et travailleurs œuvrant sur le terrain

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant sur le terrain sont moins nombreux à utiliser le téléphone intelligent, l'ordinateur, la webconférence ou l'agenda électronique au travail.
- Perception en tant qu'utilisateur des technologies : Ils sont plus nombreux à se percevoir comme des utilisateurs débutants ou intermédiaires.
- Compétences numériques : Ils obtiennent des indices de mesure des compétences techniques, cognitives et collaboratives inférieurs.
- Perception globale des compétences : Ils sont moins nombreux à juger avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies.
- Motivations : Ils sont plus nombreux à être en désaccord avec la totalité des énoncés portant sur la motivation.
- Freins : Ils sont plus nombreux à craindre la perte de leur emploi à cause de l'utilisation des technologies dans leur milieu de travail, à préférer utiliser les méthodes qu'ils connaissent déjà, à ne pas voir de valeur ajoutée aux technologies, à croire que l'automatisation augmente les risques liés à la sécurité et à craindre de ne pas avoir les compétences nécessaires pour utiliser les nouveautés technologiques.
- Soutien : Ils sont plus nombreux à être en désaccord avec la majorité des énoncés portant sur le soutien (3/5).

Travailleuses et travailleurs œuvrant dans les bureaux

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans les bureaux sont plus nombreux à utiliser le téléphone intelligent, l'ordinateur, des outils de webconférence ou l'agenda électronique au travail.
- Perception en tant qu'utilisateur des technologies : Ils sont plus nombreux à se percevoir comme des utilisateurs avancés ou experts.
- Compétences numériques : Ils obtiennent des indices de mesure des compétences techniques, cognitives et collaboratives supérieurs.
- Perception globale des compétences : Ils sont plus nombreux à juger avoir toutes les compétences nécessaires pour utiliser les technologies qui leur sont fournies.
- Motivations : Ils sont plus nombreux à être d'accord avec la quasi-totalité des énoncés portant sur la motivation (6/7).
- Freins : Ils sont moins nombreux à craindre la perte de leur emploi à cause de l'utilisation des technologies, à préférer utiliser les méthodes qu'ils connaissent déjà, à ne pas voir de valeur ajoutée aux technologies, à croire que l'automatisation augmente les risques liés à la sécurité et à craindre de ne pas avoir les compétences nécessaires pour utiliser les nouveautés technologiques.
- Soutien : Ils sont plus nombreux à être d'accord avec la grande majorité des énoncés portant sur le soutien (4/5).

Travailleuses et travailleurs œuvrant à l'usine de transformation

- Dispositifs numériques au travail : Les travailleuses et travailleurs œuvrant dans les usines de transformation sont plus nombreux à utiliser le téléphone intelligent, mais moins nombreux à utiliser des appareils téléguidés ou des outils de webconférence au travail.
- Compétence collaborative : Ils obtiennent un indice de mesure des compétences collaboratives inférieur.
- Motivations : Ils sont plus nombreux à être motivés à apprendre à utiliser de nouveaux outils numériques et à trouver qu'il est important de travailler dans un milieu innovant.



