



TRANSFORMATION NUMÉRIQUE ET COMPÉTENCES DU 21^e SIÈCLE POUR LA PROSPÉRITÉ DU QUÉBEC

EXEMPLE DE L'INDUSTRIE MINIÈRE

SOMMAIRE DE GESTION

Institut national
des mines

Québec 

Recherche et rédaction

Valérie Bellehumeur
Chargée de projet
Institut national des mines

Supervision

Robert Marquis
Président-directeur général
Institut national des mines

Diffusion

Karine Lacroix

Révision linguistique

Centre de services partagés du Québec

Graphisme

Ose design

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

Pour toute demande de renseignement :

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

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

© Gouvernement du Québec
Institut national des mines, 2018
ISBN : 978-2-550-81483-2 (imprimé)
ISBN : 978-2-550-81484-9 (PDF)
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018
Dépôt légal – Bibliothèque et Archives Canada, 2018





TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	5
CHAPITRE 1 LES INCONTOURNABLES POUR LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DE L'INDUSTRIE MINIÈRE QUÉBÉCOISE	7
Industrie 4.0 : définition et impacts	7
Mine 4.0 : des opérations minières agiles	8
Thèmes centraux de la transformation numérique de l'industrie minière	8
Vers une meilleure capacité d'innovation	8
Maturité d'innovation des entreprises minières	9
Risques liés à la transformation numérique des entreprises minières	9
Facteurs de changement	10
Accompagner et soutenir la transition	10
Principaux enjeux de la transformation numérique	10
Pistes d'action	11
CHAPITRE 2 MODERNISER LA FORMATION POUR TRANSFORMER LES COMPÉTENCES	13
Hybridation des métiers	14
Les compétences du 21 ^e siècle	14
Les compétences relatives à l'employabilité	15
Vers une adéquation formation-COMPÉTENCES-emploi	16
Un nouveau concept d'emplois, de carrières et de compétences	16
Révision des programmes de formation	17
Transformation numérique de l'enseignement et de l'apprentissage	17
Un écosystème d'apprentissage	18
Principaux enjeux de l'adéquation formation-compétences	18
Pistes d'action	19
CONCLUSION	21
Faut-il réinventer le système d'éducation pour le 21 ^e siècle ?	22
RÉFÉRENCES	23





INTRODUCTION

L'Institut national des mines (Institut) s'est doté d'objectifs associés à des enjeux primordiaux qui orienteront ses actions et ses projets pour les années à venir. L'un des enjeux définis est la connaissance des tendances en formation ayant un impact sur le développement des compétences de l'avenir. À cet enjeu sont étroitement liés des objectifs d'analyse et de diffusion des tendances en innovation susceptibles d'avoir un impact sur la formation minière au Québec. Un autre enjeu auquel s'intéresse l'Institut est l'actualisation de l'offre de formation par la réalisation d'études prévisionnelles et prospectives en vue de l'élaboration d'un référentiel des compétences recherchées dans l'industrie minière québécoise.

Par cet ouvrage, l'Institut souhaite contribuer aux travaux amorcés à l'échelle nationale en lien avec la transformation numérique dans le contexte de la révolution industrielle 4.0, spécialement en mettant son expertise au service de l'élaboration de la future Stratégie nationale sur la main-d'œuvre. Conçu dans l'optique de devenir un outil de référence, cet ouvrage devrait être pris en compte dans une démarche cohérente de consultation menant à l'établissement des orientations nationales.

La production de cet ouvrage s'inscrit dans la démarche de recherche maintenant bien établie de l'Institut. Les éléments contextuels qui y sont présentés résultent d'un travail de recherche méthodique et d'une analyse rigoureuse réalisés au cours de la dernière année. Les pistes d'action proposées sont le fruit d'une réflexion approfondie et prennent leur fondement dans des observations concrètes sur le terrain. Avec cet ouvrage, l'Institut s'adresse à plusieurs de ses partenaires privilégiés qui, l'espère-t-il, y trouveront des éléments pouvant contribuer à l'atteinte de leurs objectifs respectifs.



Le chapitre 1 présente les incontournables de la transformation numérique pour les entreprises minières québécoises. Celles-ci pourront y retrouver regroupés les dernières tendances en matière d'implantation des nouvelles technologies, ainsi que les moyens à mettre en œuvre et les ressources à mobiliser pour réussir le passage au numérique. Les sujets abordés sont entre autres l'établissement d'une vision claire, d'un leadership et d'une culture numérique organisationnelle.

Le chapitre 2 s'intéresse principalement à l'anticipation des compétences du 21^e siècle découlant de la révolution industrielle 4.0. Il y est suggéré la modernisation des modèles d'enseignement et d'apprentissage en vue de faciliter la nécessaire adéquation de la formation et des compétences. Pour les acteurs du milieu de l'éducation et ceux intéressés par l'attraction, le recrutement et le développement de la main-d'œuvre, ce chapitre fournit des pistes de réflexion de même que l'ébauche d'un cadre de référence des compétences relatives à l'employabilité. Il met enfin un accent particulier sur la nécessité d'encourager et de soutenir des mesures facilitant l'apprentissage tout au long de la vie.

Pour contextualiser les éléments présentés et orienter la réflexion et la prise de décision, l'Institut a cru important de définir les principaux enjeux se démarquant, ainsi que des pistes d'action opérationnelles pouvant être mises de l'avant.

Finalement, l'Institut souhaite élargir son réseau de partenaires en partageant non seulement sa connaissance des enjeux associés aux compétences requises dans les années à venir, mais aussi sa capacité de réaliser des projets contribuant à l'actualisation de l'offre de formation et à l'attraction d'une main-d'œuvre diversifiée.

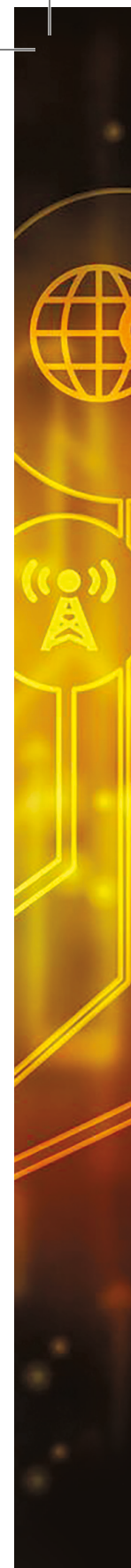


LES INCONTOURNABLES POUR LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DE L'INDUSTRIE MINIÈRE QUÉBÉCOISE

INDUSTRIE 4.0 : DÉFINITION ET IMPACTS

La quatrième révolution industrielle, communément nommée l'Industrie 4.0, change le fonctionnement des entreprises. La transformation numérique et l'intégration en temps réel des données qu'elle génère modifient les modèles et les processus. Désormais, les organisations doivent décider comment investir dans une large gamme de nouvelles technologies en ciblant celles qui répondent à leurs besoins.

L'Industrie 4.0 constitue plus que l'ajout d'innovations technologiques. Il s'agit d'une révolution qui a des répercussions sur la manière dont plusieurs nouvelles technologies sont mises en commun et sur la façon dont les organisations qui les exploitent sont transformées pour optimiser leur compétitivité et leur croissance. En somme, les entreprises qui effectuent ce virage se dotent d'une vision holistique de la transformation numérique, perçue comme un écosystème qui englobe l'ensemble des partenaires, des fournisseurs, de la main-d'œuvre et des opérations.



MINE 4.0 : DES OPÉRATIONS MINIÈRES AGILES

Appliquées au secteur minier, l'Industrie 4.0 et la transformation numérique reposent sur le concept d'opérations minières agiles. Actuellement, nombreuses sont les entreprises minières qui abordent la transformation numérique par une série d'initiatives ciblant des besoins spécifiques. Toutefois, seules les mines agiles créeront de nouveaux modèles d'affaires viables en concentrant leurs efforts sur la synergie et l'interrelation entre les innovations, ce qui est absolument nécessaire pour opérer une véritable transformation durable.

Le concept d'opérations minières agiles se fonde sur quatre éléments : la mine intelligente, la mine numérique, l'automatisation des opérations minières et l'intégration des opérations.

THÈMES CENTRAUX DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DE L'INDUSTRIE MINIÈRE

L'intégration de l'ensemble des processus nécessaires à la transformation numérique repose prioritairement sur la création de liens formels entre les ressources des technologies de l'information (TI) et les opérations (IDC Perspective, 2017)¹. Cette intégration permet de capturer et de traiter davantage d'information utile à la prise de décision. Quatre thèmes centraux sont au cœur de l'intégration des TI et de la transformation numérique de l'industrie minière : l'automatisation et la robotique; la main-d'œuvre connectée; l'entreprise intégrée et l'analytique; et le soutien à la décision (Forum économique mondial [FEM], 2017).

VERS UNE MEILLEURE CAPACITÉ D'INNOVATION

Acquérir une excellente capacité d'innovation implique que l'innovation soit au centre de la culture organisationnelle. L'innovation peut toucher à plusieurs aspects. Pour qu'il soit possible de s'y retrouver, Monitor Deloitte (2016) a regroupé les différents types d'innovation en trois catégories : la configuration, la performance et l'expérience.

Pour chaque type d'innovation implantée, trois niveaux d'ambition sont possibles, selon la nature et l'intensité des efforts consentis : l'innovation fondamentale, l'innovation de proximité et l'innovation transformationnelle. Ces niveaux dépendent également du risque couru, de la faisabilité, de la reproductibilité et de l'accessibilité des innovations envisagées.

1. Pour obtenir la liste complète des références, consulter le rapport *Transformation numérique et compétences du 21^e siècle pour la prospérité du Québec. Exemple de l'industrie minière*.

MATURITÉ D'INNOVATION DES ENTREPRISES MINIÈRES

La maturité d'innovation des entreprises minières fait référence à leur capacité d'intégrer l'innovation à leur culture organisationnelle. Selon leur capacité, les entreprises peuvent être positionnées sur l'un des cinq échelons présentés à la figure 1.

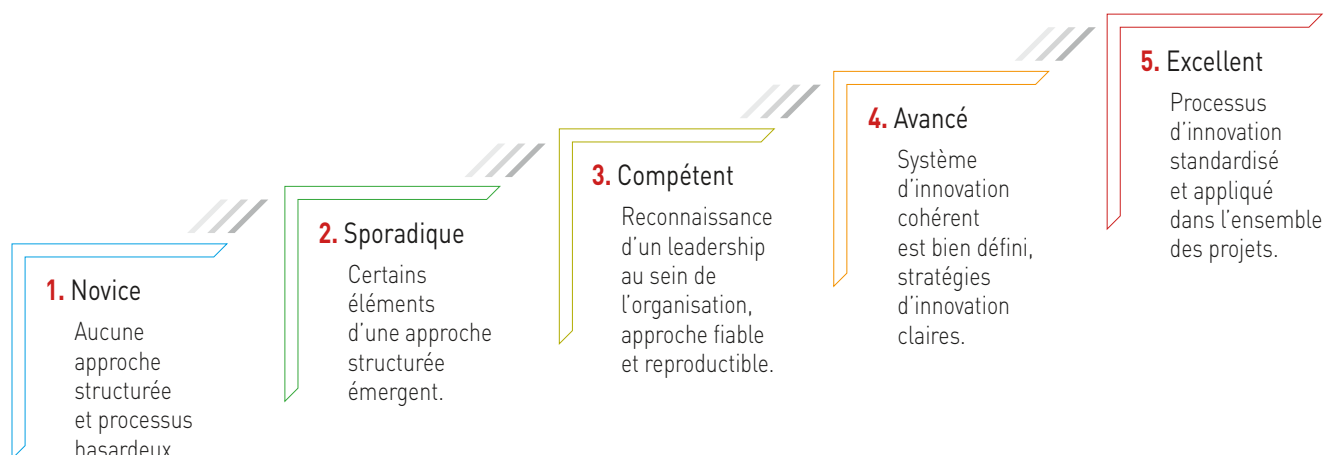


Figure 1 Échelons représentant la maturité d'innovation des entreprises minières (adapté de Monitor Deloitte, 2016)

RISQUES LIÉS À LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DES ENTREPRISES MINIÈRES

Les risques liés à la transformation numérique des entreprises minières sont nombreux. Ces risques concernent notamment les métiers, les tâches, les processus et les relations avec les parties prenantes. Ils ne se manifestent pas seulement lors du passage au numérique. Par conséquent, ils doivent être gérés tout au long de la vie de l'entreprise.

Ces risques sont mesurés par la combinaison de leur degré d'occurrence et de leur degré de gravité pour une entreprise donnée. Chaque projet d'innovation aura conséquemment un niveau de risque spécifique, et il appartiendra à l'entreprise de se positionner par rapport à celui-ci. Cela étant, le premier facteur de risque auquel les entreprises font référence, le contrôle des systèmes informatiques, est relativement peu important, car il est bien connu et généralement maîtrisé dans le processus de numérisation. Cependant, un risque sous-estimé et beaucoup plus important a trait au manque de culture numérique des dirigeants et des employés (Cigref, 2011).



FACTEURS DE CHANGEMENT

Le virage découlant de la révolution industrielle 4.0 propose plusieurs avantages aux entreprises minières telles l'optimisation des performances, la réduction des temps d'arrêt de production non planifiés et l'augmentation de la fiabilité et de la disponibilité des équipements. Ce virage oblige toutefois à réorganiser les processus d'affaires et à réévaluer simultanément les stratégies en matière de recrutement et de gestion de la main-d'œuvre.

La faisabilité technique n'est pas le seul facteur à considérer dans l'implantation d'une solution automatisée. D'autres facteurs influencent à la fois l'ampleur de l'automatisation souhaitée et le rythme d'adoption en entreprise, notamment les coûts, l'accès à la main-d'œuvre et l'acceptabilité sociale.

ACCOMPAGNER ET SOUTENIR LA TRANSITION

En plus d'inciter à l'automatisation des mines, le contexte de la révolution industrielle 4.0 aura une incidence structurante sur la formation des futures générations de travailleurs. Le système d'éducation devra outiller les élèves en leur faisant acquérir les compétences nécessaires pour évoluer dans un contexte de changement technologique continu. Remodeler les structures de développement et de perfectionnement professionnels pourrait donc être nécessaire pour fournir aux individus l'occasion d'améliorer leur employabilité tout au long de leur carrière.

De plus, de nouveaux besoins en matière de connaissances et de savoir-faire seront requis. Il importe dès maintenant d'anticiper ces nouvelles exigences pour s'assurer que la main-d'œuvre pourra maximiser le gain de productivité découlant de l'implantation des nouvelles technologies. Cette anticipation des compétences attendues permettra aussi d'améliorer la correspondance entre l'offre et la demande de compétences.

PRINCIPAUX ENJEUX DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

D'après le concept de transformation numérique découlant de la révolution 4.0, tel que présenté par l'Institut dans l'analyse qui précède, l'augmentation de la maturité d'innovation des entreprises minières est le principal enjeu de ce secteur d'activité. Cette maturité d'innovation comprend trois secteurs spécifiques où il faudrait consentir des efforts supplémentaires : 1) l'élimination des barrières organisationnelles, 2) l'établissement d'une vision claire et à long terme et 3) la création et la valorisation de partenariats collaboratifs.

En procédant à l'analyse comparative des entreprises minières des principaux pays miniers à l'échelle mondiale, Deloitte (2018) soutient que les entreprises font face à un grand nombre des barrières organisationnelles. Ces barrières sont associées à un manque de cohésion stratégique, notamment en ce qui a trait à la convergence et à l'intégration des technologies de l'information (TI) et des technologies des opérations (TO), cette cohésion étant insuffisante pour maximiser l'utilisation des nouvelles technologies.

Ensuite, une vision claire guidant le processus de transformation numérique sur une longue période fait présentement défaut dans les entreprises minières québécoises. Ce phénomène se produit, d'une part, parce qu'elles évitent systématiquement les nouveaux risques qui pourraient se répercuter sur leurs opérations et, d'autre part, parce qu'elles favorisent les projets à rendement élevé rapide plutôt que la création de valeur à long terme.

Enfin, historiquement, les entreprises minières travaillent isolément les unes des autres, ce qui ralentit le développement et le partage des innovations les plus prometteuses (Deloitte, 2018). Qui plus est, cette tendance est maintes fois exacerbée par une quête de l'avantage concurrentiel lié à une nouvelle technologie au détriment du partage des expertises.

PISTES D'ACTION

La définition des enjeux associés à la transformation numérique des entreprises minières constitue la première étape d'une démarche d'innovation. Elle permet de contrer les difficultés anticipées et de construire une approche pragmatique et structurée.

L'Institut suggère trois pistes d'action aux entreprises minières qui souhaitent se lancer dans une démarche d'innovation.

I INNOVER DE DIFFÉRENTES FAÇONS ET DANS DIFFÉRENTS SECTEURS DE L'ENTREPRISE

L'innovation au sein d'une entreprise minière devrait être présentée sous la forme d'un portfolio regroupant un certain nombre de projets de natures et d'envergures différentes. Pour faciliter la gestion des projets d'innovation, il est recommandé de commencer avec des projets de moindre envergure, mais dont le succès est garanti. Par la suite, le partage et la valorisation de ces succès créeront un engouement et une confiance renouvelée, et ils faciliteront l'adhésion de l'ensemble des travailleurs. Dans cette perspective, il faut explorer tous les secteurs où il est possible d'innover et recourir à l'expertise des équipes dans la gestion du changement et des risques.

ÉTABLIR UNE VISION EXPLICITE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DE L'ENTREPRISE MINIÈRE

Cette vision explicite de la transformation souhaitée englobe obligatoirement l'ensemble des projets d'innovation. En effet, le succès de la transformation numérique repose sur la capacité de l'entreprise minière d'éviter l'improvisation, qui mène trop souvent à la gadgétisation et qui laisse place à des succès mitigés. Il importe donc de développer une stratégie numérique globale.

Souvent, les initiatives misent sur des solutions techniques et ne sont pas incluses dans un processus global. Il est primordial d'amorcer la transition vers le numérique en établissant une vision précise du parcours selon les objectifs établis. Pour ce faire, l'éclatement des barrières organisationnelles et la création de synergies constructives entre les départements et les sites miniers deviennent primordiaux.

L'établissement d'une telle vision implique aussi de développer la capacité d'innover au sein de l'entreprise et de faire preuve d'un leadership numérique assuré. Pour ce faire, il faut impliquer et surtout sécuriser les ressources et les compétences nécessaires. De cette façon, il sera possible de mobiliser l'ensemble de la main-d'œuvre pour l'atteinte d'objectifs communs et d'assurer l'adhésion à une nouvelle culture organisationnelle innovante.

EXPLORER DE NOUVEAUX TYPES DE PARTENARIAT

Le Québec est un terrain fertile pour l'émergence d'innovations technologiques spécifiques au secteur minier. Cependant, certaines innovations peinent à se démarquer, faute d'un partage des expertises et de rivalités concurrentielles entre les différentes compagnies.

L'Institut est d'avis qu'il serait bénéfique pour toutes les entreprises minières, tous les équipementiers et tous les fournisseurs de services de mettre de côté les rivalités commerciales et d'explorer de nouveaux types de partenariat dans une perspective de partage des expertises.

De plus, les entreprises innovantes devraient faire connaître davantage leurs avancées. Une diffusion des nouveaux projets à plus grande échelle et ciblant des clientèles spécifiques augmenterait le bassin de collaborateurs potentiels et favoriserait un développement accéléré des innovations dans le secteur minier québécois.



MODERNISER LA FORMATION POUR TRANSFORMER LES COMPÉTENCES

La vitesse d'implantation de nouvelles technologies dans le secteur minier rend difficile l'élaboration de profils de compétences liés à des postes spécifiques. Comme la nature de la tâche change, les employés et les entreprises doivent s'y adapter. Le défi consiste à anticiper les compétences qui seront requises pour implanter les nombreux changements découlant de la révolution industrielle 4.0. De plus, ces compétences devront être actualisées au même rythme de l'implantation des nouvelles technologies numériques.

Dans le contexte actuel de la révolution industrielle 4.0, qui s'appuie sur la transformation numérique, il est primordial non seulement d'améliorer le niveau global de qualification du personnel, mais aussi d'agir sur les compétences relatives au maintien de l'employabilité. Ces compétences laissent une place fondamentale aux compétences de base, aux attitudes personnelles et à l'éthique de travail, qui prennent une valeur de plus en plus stratégique pour les employeurs. Elles sont déjà reconnues comme étant les plus recherchées actuellement (Snell, Gekara et Gatt, 2016).



Au cours des prochaines années, la demande en nouvelles compétences évoluera au rythme accéléré des changements technologiques, augmentant également le risque d'obsolescence. Par obsolescence de compétences, on entend l'insuffisance ou l'inadaptation des connaissances et des savoir-faire nécessaires à la réalisation des tâches reliées à un poste par manque d'actualisation (Conseil d'orientation pour l'emploi [COE], 2017a). Ce constat met en avant-plan la priorité de développer une compétence cruciale et fondamentale pour tous : la capacité de s'adapter en apprenant tout au long de la vie.

HYBRIDATION DES MÉTIERS

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. Leurs nouvelles tâches découlant d'une automatisation accrue nécessiteront aussi que les opérateurs améliorent leur compétence en matière de gestion de données, et qu'ils développent des compétences cognitives d'abstraction, de représentation et d'anticipation (Bidet-Mayer et Toubal, 2016).

Ce sont tous les ordres d'enseignement du système d'éducation qui seront touchés par l'hybridation des métiers. Une réforme en profondeur semble nécessaire pour s'adapter et permettre aux prochaines générations de travailleurs de trouver leur place sur le marché du travail. Cette réforme impliquera de rafraîchir les programmes pour y inclure des compétences du 21^e siècle, à la fois numériques et humaines, comme la communication, la résolution de problèmes, la créativité, la collaboration et la pensée critique. La réforme impliquera également de repenser les méthodes d'enseignement en lien avec la transformation numérique, de reconnaître et d'accréditer les compétences acquises à l'extérieur du réseau scolaire et de développer un système plus inclusif, qui valorisera l'apprentissage tout au long de la vie (FEM, 2018b).

LES COMPÉTENCES DU 21^e SIÈCLE

Les compétences du 21^e siècle sont celles qui permettront aux travailleurs de développer, de maintenir et d'améliorer leur employabilité. Elles sont nécessaires à l'adaptation au changement perpétuel découlant de la transformation numérique. Dans cette perspective, l'apprentissage n'est plus seulement un moyen d'accéder à un emploi, mais aussi une démarche continue à accomplir tout au long de la vie (IFTF, 2017).

Cette transformation numérique doit s'accompagner d'actions concrètes pour permettre, d'une part, aux travailleurs de maintenir leur employabilité et de progresser et, d'autre part, aux entreprises de disposer des compétences dont elles ont besoin. Les compétences de trois groupes devraient être fortement mobilisées dans la nouvelle économie numérique en émergence : les compétences expertes dans les nouvelles technologies, les nouvelles compétences professionnelles techniques en lien avec l'hybridation et la transformation des emplois, et les compétences transversales qui, par leur caractère universel, sont particulièrement importantes pour assurer la capacité d'adaptation des individus.

LES COMPÉTENCES RELATIVES À L'EMPLOYABILITÉ

Récemment, l'Institut s'est intéressé attentivement à la capacité d'adaptation des individus, ce qui a orienté sa recherche et sa réflexion vers le concept de compétences relatives à l'employabilité. S'appuyant sur une revue de la littérature rigoureuse à propos des compétences relatives à l'employabilité, dans le contexte actuel mondial de transformation numérique, l'Institut a produit un cadre de référence qui propose 16 compétences sélectionnées, regroupées en quatre domaines complémentaires.

Tableau 1 – Cadre de référence des compétences relatives à l'employabilité de la main-d'œuvre minière du 21^e siècle

Domaines de compétences	Compétences
Compétences personnelles : Capacité d'un individu de gérer efficacement ses propres actions et comportements. Ces compétences peuvent soutenir l'expression d'autres compétences.	Résilience
	Autorégulation
	Orientation sur les résultats
	Apprentissage continu
Compétences interpersonnelles : Capacité de reconnaître les besoins d'autrui et d'accomplir des actions pour les satisfaire, ainsi que d'adopter des attitudes adaptées aux contextes et aux situations.	Communication efficace
	Travail d'équipe
	Intelligence sociale
	Leadership
Compétences occupationnelles : Capacité de se comporter de manière réfléchie, appropriée et responsable dans un contexte professionnel.	Autonomie professionnelle
	Interdisciplinarité
	Initiative et proactivité
	Littératie numérique
Compétences cognitives : Capacité d'analyser, de comprendre, de planifier, de formuler des explications, des hypothèses et des concepts.	Pensée analytique
	Raisonnement conceptuel
	Esprit de synthèse
	Pensée innovante et adaptative

Les compétences retenues pour constituer ce cadre de référence ne sont pas assujetties à un secteur d'activité en particulier. Elles sont transversales, transposables et suffisamment génériques pour être considérées comme nécessaires, voire essentielles pour tout individu désirant se construire une carrière et prospérer dans un monde du travail qui évolue rapidement et continuellement.

VERS UNE ADÉQUATION FORMATION-COMPÉTENCES-EMPLOI

La rapidité des changements en cours remet en question les méthodes traditionnelles d'estimation des besoins de main-d'œuvre, qui peinent à tenir compte de l'impact de la révolution industrielle 4.0 sur la transformation des tâches associées aux emplois. Ces tâches qui apparaissent à la faveur d'une innovation technologique nécessitent la maîtrise de nouvelles compétences, ce qui enclenche le processus complexe et dynamique de l'adéquation des compétences et des emplois.

Les emplois changent également, et de plus en plus rapidement. Par conséquent, les individus doivent constamment mettre à jour leurs compétences par l'éducation, par la formation et par une combinaison d'expériences professionnelles et personnelles (Cedefop, 2016).

Parmi les actions à mettre en place, l'Organisation internationale du travail (OIT, 2015) recommande d'améliorer l'adéquation des politiques et des règlements en matière d'éducation et de formation, d'augmenter la part de l'apprentissage en milieu de travail et tout au long de la vie et d'assurer la correspondance entre les compétences et le maintien de l'employabilité par une structure de requalification performante.

UN NOUVEAU CONCEPT D'EMPLOIS, DE CARRIÈRES ET DE COMPÉTENCES

Plusieurs organisations ont amorcé une réflexion à propos des actions à mettre de l'avant afin de former une main-d'œuvre qualifiée et résiliente (CCMCE, 2017; FYA, 2017a et 2017b; FEM, 2018a et 2018b). Ces organisations sont toutes animées par la volonté de s'assurer que les jeunes auront les compétences et l'expérience pour occuper les emplois du futur et non les emplois du passé. On trouve également à la base de cette réflexion la volonté d'enclencher un changement des mentalités, pour les faire évoluer d'une orientation centrée sur un emploi à une orientation axée sur les compétences. Par leurs recommandations, ces organisations tentent de mettre en œuvre un changement de priorité au sein des entreprises et des établissements d'enseignement, en faisant se déplacer cette priorité des emplois aux compétences afin de préparer les jeunes à l'avenir du monde du travail (CCMCE, 2017).

RÉVISION DES PROGRAMMES DE FORMATION

La prévision des besoins de compétences constitue une mesure clé pour éviter le décalage des compétences, et est le premier pilier d'un système efficace de formation et de développement de compétences (OIT, 2015). Étant donné que le processus de révision des programmes d'études professionnelles s'étale sur quelques années, il semble primordial d'informer rapidement les décideurs en faisant une anticipation systématique des compétences requises, bien avant qu'elles deviennent désuètes. Cette prévision doit être orientée vers l'action et soutenir la prise de décision. L'Institut joue déjà un rôle à cet égard.

Selon le COE (2017a), la réponse la plus appropriée à la révolution industrielle 4.0 doit tenir compte du fait que les compétences professionnelles sont maintenant vouées à une redéfinition récurrente, quasi permanente. L'enjeu consiste à définir quelles compétences transmettre à quels moments du parcours pour permettre aux individus d'évoluer tout au long de leur vie professionnelle. Une révision des programmes de formation misant sur l'adéquation des compétences avec la transformation numérique doit également prendre en compte les défis liés entre autres à la nature des compétences, à l'ampleur des besoins et au partage des responsabilités entre les entreprises et le système d'éducation.

TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE L'APPRENTISSAGE

La pertinence de la formation offerte par le système d'éducation se mesure par sa capacité de permettre aux jeunes d'y acquérir les compétences nécessaires à leur employabilité. La pédagogie numérique, qui utilise les outils de simulation et les médias immersifs, offre aux jeunes des environnements d'apprentissage ouverts, ayant recours à des technologies récentes et rendant possible la communication en temps réel (Proctor, 2016).

Les environnements numériques d'apprentissage par simulation et immersion permettent à l'apprenant d'explorer des façons nouvelles et créatives de mettre en pratique ses connaissances et d'appliquer ses compétences. Il peut trouver de nouvelles solutions à des problèmes communs. Cette démarche encourage la réflexion et l'auto-évaluation. Elle donne à l'apprenant l'occasion de valider ou d'infirmer ses propres hypothèses. Ces caractéristiques du numérique en éducation favorisent le développement de la capacité d'apprendre tout au long de la vie et aident l'apprenant à atteindre son plein potentiel (Sharma, 2017).



UN ÉCOSYSTÈME D'APPRENTISSAGE

Un des éléments les plus significatifs de la transformation numérique en éducation et en formation est la disponibilité grandissante d'outils et de contenus de formation en ligne et libres de droits, ce qui modifie les canaux traditionnels d'accès à l'information. La recrudescence du numérique et des nouvelles technologies donne également de nombreuses occasions aux fournisseurs privés de formation spécialisée pour compétitionner davantage avec le système d'éducation public.

Le concept d'écosystème d'apprentissage repose sur un partage des responsabilités d'enseignement et d'apprentissage selon un modèle favorisant l'ancrage des apprentissages en contexte de travail. Il se bâtit sur la fluidité, la diversité et le dynamisme de ses membres. Au sein d'un tel écosystème, chaque partenaire cherche à améliorer la qualité des apprentissages dans un esprit de collaboration (Hannon, 2017). Ce concept inclut forcément de nouveaux types de partenariat et la réciprocité dans la reconnaissance des rôles et responsabilités de chacun.

Au Québec, le défi posé au système d'éducation pour optimiser l'écosystème d'apprentissage actuel consiste à trouver de nouveaux partenaires, à les intégrer et à tirer profit de leur impact. Somme toute, l'implication des instances nationales et des établissements d'enseignement doit être repensée en envisageant sérieusement un changement de paradigme et une modification des mentalités.

PRINCIPAUX ENJEUX DE L'ADÉQUATION FORMATION-COMPÉTENCES

À la lumière de l'analyse réalisée par l'Institut, il apparaît que trois principaux enjeux façonnent la manière dont doit être repensée la formation afin d'améliorer l'adéquation entre les compétences des futures générations et le contexte de la transformation numérique en cours.

Le premier enjeu consiste à anticiper les compétences qui seront requises dans les années à venir. Effectivement, la plupart des professions et des métiers évolueront au cours de la prochaine décennie et nécessiteront des compétences qui ne sont pas considérées comme cruciales aujourd'hui (Hannon, 2017). De plus, malgré l'élaboration de méthodologies d'estimation rigoureuses, désigner quels emplois seront les plus susceptibles d'être touchés et dans quelle mesure ils le seront demeure un exercice complexe et spéculatif.

Le second enjeu consiste à définir un cheminement logique pour l'acquisition et l'amélioration de compétences afin d'agir au moment opportun. Il s'agit non seulement de définir les compétences requises, mais aussi de les inscrire dans un parcours de formation et de perfectionnement cohérent et continu. Cet enjeu est de taille puisqu'il consiste à distinguer les compétences devant être maîtrisées au terme de la formation initiale de celles qui pourront être acquises ultérieurement, en contexte de

travail ou non, sans pénaliser la performance globale d'un individu. Il inclut l'anticipation du risque d'obsolescence des compétences et la nécessité de les actualiser au rythme même de l'implantation des nouvelles technologies. Il tient compte de la nécessité de maintenir l'employabilité de la main-d'œuvre dans un contexte en changement rapide et continu. Cet enjeu s'inscrit aussi dans la difficile adaptation des programmes de formation du système d'éducation, qui peine à soutenir le rythme des innovations.

Le troisième enjeu réside dans la recrudescence du numérique et dans la diversification de l'accès à l'information, qui compétitionnent avec le modèle traditionnel d'enseignement. Ce constat renvoie à la question de la qualité, de la reconnaissance et de la validité des multiples types de formation. Qui plus est, la formation n'est plus une finalité, mais un processus continu. Une formation n'est plus nécessairement associée à un emploi précis. Elle représente plutôt une étape permettant l'acquisition de compétences transférables à différents domaines et qui, associée à des expériences personnelles et professionnelles, favorise un cheminement en emploi et la prospérité des individus. Ce contexte implique un changement des mentalités en ce qui concerne les finalités de l'éducation et la responsabilité grandissante des individus dans le maintien de leur employabilité par la poursuite de l'apprentissage tout au long de la vie.

PISTES D'ACTION

En guise de réponse aux enjeux précédemment exposés, l'Institut formule trois pistes d'action en vue d'orienter une démarche cohérente et de structurer d'adéquation formation-compétences.

DÉFINIR ET FAIRE CONNAÎTRE LES NOUVEAUX BESOINS DE FORMATION ASSOCIÉS AUX COMPÉTENCES ÉMERGENTES

Pour que le Québec devienne et demeure un leader en matière d'innovations technologiques, la formation initiale et la formation continue constituent des leviers stratégiques majeurs. Elles doivent conséquemment être judicieusement articulées et harmonisées. Une démarche d'anticipation des besoins de compétences émergentes exige d'impliquer et de mobiliser les principaux acteurs concernés. Elle repose sur une vision prospective claire et partagée des emplois et des compétences qui leur sont associées.

Cette piste suppose une collaboration plus étroite entre le milieu du travail et les établissements d'enseignement. Cela consiste à explorer de nouveaux partenariats qui permettraient d'atteindre de nouveaux collaborateurs et de partager plus efficacement les responsabilités en matière de formation et de développement des compétences. Par un meilleur partage des préoccupations propres à ces deux milieux, il serait plus aisé d'élaborer des stratégies novatrices pouvant assurer la prise en compte des innovations et de leurs impacts sur la nature des tâches, les postes à combler et les profils de compétences recherchés.



L'élaboration et la création d'une structure de veille stratégique centralisée en lien avec les besoins émergents devraient également être considérées afin de faire connaître efficacement les nouveaux besoins et les pratiques innovantes en matière de formation de la main-d'œuvre.

AUGMENTER L'AGILITÉ DE L'OFFRE ET DE L'ADAPTATION DE LA FORMATION EN ADÉQUATION AVEC LES BESOINS CHANGEANTS DE L'INDUSTRIE

L'Institut propose ici de repenser la manière de répondre aux nouveaux besoins du milieu de travail en matière de compétences. Il s'agirait non plus de tenter une approche réactive en ajustant l'offre aux besoins exprimés, mais plutôt de faire en sorte que les programmes de formation outillent les futurs travailleurs en les dotant de compétences transversales qui maintiendront leur employabilité dans le temps. Il faut non pas modifier la formation en y intégrant des compétences techniques qui risquent de devenir obsolètes après quelques années; mais plutôt développer un ensemble de compétences relatives à l'employabilité qui serviraient de tronc commun à un ensemble de formations connexes. Pour ce faire, il conviendrait de reconnaître des compétences communes à différents métiers, d'harmoniser les programmes de formation pour tenir compte de ces similitudes et de personnaliser les parcours de formation.

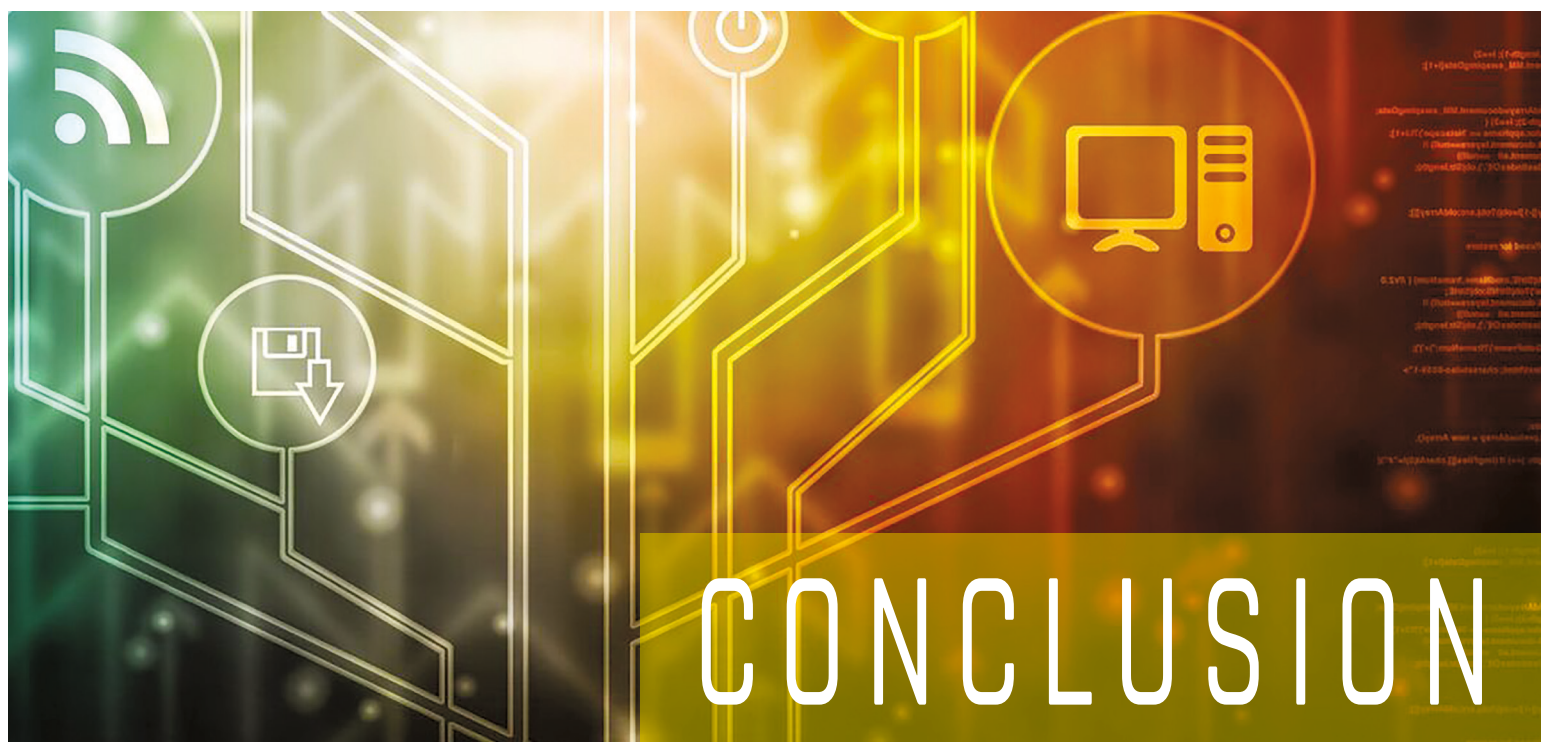
PROMOUVOIR UN NOUVEAU MODÈLE DE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL

Le maintien de l'employabilité de la main-d'œuvre doit devenir une responsabilité partagée. Pour soutenir cette volonté, il faut mettre en place des mesures qui favoriseront le développement d'une compétence cruciale et incontournable pour tous : la capacité d'adaptation et l'apprentissage tout au long de la vie.

L'Institut propose qu'une réflexion soit menée quant à la pertinence de promouvoir un nouveau modèle de développement professionnel, un modèle misant sur des compétences transversales et transposables dans divers contextes, permettant de progresser et de prospérer dans un environnement de travail en perpétuelle évolution. Ainsi, la formation ne serait plus une finalité. Elle s'inscrirait plutôt dans un processus continu s'appuyant sur la valorisation de l'apprentissage tout au long de la vie. La vision sous-jacente de ce modèle orienterait la formation tant initiale que continue vers le développement d'un portfolio personnalisé de compétences.

La promotion de la formation continue et l'acquisition de nouvelles compétences passent par la reconnaissance des compétences. L'accès à la formation doit également être facilité par le développement de nouveaux modes d'enseignement et d'apprentissage, notamment les environnements numériques de simulation et d'immersion, qui favorisent la capacité d'apprendre à apprendre et l'atteinte du plein potentiel.

Pour soutenir un tel modèle, la mise en œuvre d'une structure de reconnaissances des compétences acquises dans différents contextes serait elle aussi à envisager. Une structure uniforme et centralisée qui retrace les parcours de formation et reconnaît les compétences devrait être instaurée. Une telle mesure pourrait soutenir les actions de promotion de l'apprentissage tout au long de la vie par la reconnaissance des efforts investis dans l'actualisation et le maintien de l'employabilité.



CONCLUSION

Par cet ouvrage, l'Institut national des mines souhaite contribuer aux travaux amorcés à l'échelle nationale en lien avec la transformation numérique dans le contexte de la révolution industrielle 4.0. Il désire spécialement mettre son expertise au service de l'élaboration de la future Stratégie nationale sur la main-d'œuvre. Conçu dans l'optique de devenir un outil de référence, cet ouvrage devrait être pris en compte dans une démarche cohérente de consultation menant à l'établissement des orientations nationales.

L'agilité est, selon l'Institut, le thème qui revient comme un leitmotiv dans tous les éléments abordés. Effectivement, ce thème touche à la fois les opérations minières que l'on veut agiles, l'agilité dans l'offre et l'adaptation de la formation, de même que l'agilité que doit avoir la main-d'œuvre pour s'adapter aux changements constants.

Toutefois, malgré la volonté manifestée par l'industrie minière québécoise d'implanter des opérations minières agiles par la valorisation des données et l'intégration des technologies à l'ensemble des opérations, la crainte de la gadgétisation, bien que légitime, freine la mise en œuvre de démarches concrètes en ce sens. Cette crainte témoigne d'une culture numérique encore limitée dans le secteur minier québécois. L'établissement d'une vision à long terme et l'adhésion à une nouvelle culture organisationnelle sont indispensables pour surmonter les risques liés à une transformation numérique. Le développement d'une approche systémique de l'innovation, y compris la détermination des types

d'innovation à implanter et des changements à réaliser, est essentiel pour assurer la cohésion au sein d'une entreprise minière. Enfin, la conversion de l'innovation en capacité organisationnelle passe par la reconnaissance d'un leadership numérique au sein de l'organisation (Deloitte, 2018).

Les impacts anticipés de la transformation numérique interpellent aussi le monde de l'éducation. Selon l'OCDE (2018), les professions les plus exposées au risque d'automatisation exigent un niveau d'études allant de très faible à faible. Inversement, la quasi-totalité des professions qui se prêtent le moins à l'automatisation requièrent une formation technique ou un diplôme d'enseignement supérieur. Cette inégale répartition du risque d'automatisation accroît l'importance de l'adéquation entre la formation et les compétences, adéquation nécessaire afin de préparer les travailleurs à satisfaire aux futures exigences du marché du travail. Dans ce contexte, la formation soutenant l'apprentissage tout au long de la vie est un instrument primordial pour permettre à ceux dont les emplois risquent le plus d'être touchés par l'automatisation de se reconvertir et d'assurer le maintien de leur employabilité.

FAUT-IL RÉINVENTER LE SYSTÈME D'ÉDUCATION POUR LE 21^e SIÈCLE ?

À l'heure actuelle, il demeure difficile d'accroître l'accès à la formation pour les catégories de travailleurs les plus concernées par l'automatisation. L'OCDE (2018) estime que la probabilité de participer à une formation est plus de trois fois plus faible parmi les travailleurs dont les emplois sont menacés d'automatisation. Cela s'explique, d'une part, du fait que ces travailleurs bénéficient très rarement d'une formation proposée par leur employeur et, d'autre part, par divers facteurs individuels tels le manque de connaissances de base, de temps et de motivation. Étant donné qu'une forte proportion de travailleurs occupent des emplois qui risquent d'évoluer sensiblement sous l'effet de l'automatisation, le Québec doit adapter ses politiques de formation afin de préparer la population active à l'évolution des compétences requises.

La société de demain a besoin de jeunes gens qui veulent et qui peuvent façonner favorablement le monde qui les entoure. Cependant, le modèle scolaire actuel ne donne pas à tous les mêmes chances de réussir, et la plupart ne sont pas bien préparés pour un avenir en changement continu. La prospérité des générations à venir repose sur un concept d'éducation réinventé, qui leur permettra de relever les défis du marché de travail du futur. Ce concept sous-entend que l'école doit permettre à chaque jeune de réaliser son potentiel individuel, d'apprendre à gérer le changement et à y réagir favorablement, de créer et de saisir des occasions, ainsi que d'agir collectivement pour créer un meilleur avenir pour soi-même et pour les autres (Hannon, 2017).



LES RÉFÉRENCES CITÉES CI-DESSOUS ONT TOUTES PU ÊTRE CONSULTÉES EN LIGNE LE 20 FÉVRIER 2018.

- //////
- Bidet-Mayer, Thibaut et Toubal, Louisa (2016). *Mutations industrielles et évolution des compétences*. Les Synthèses de la Fabrique. Numéro 5. Avril 2016.
En ligne : <http://www.la-fabrique.fr/wp-content/uploads/2016/03/S5-Mutations-industrielles-et-%C3%A9volution-des-comp%C3%A9tences.pdf>
 - Cedefop (2016). *Developing skills foresights, scenarios and forecasts. Guide to anticipating and matching skills and jobs*. Volume 2. Luxembourg: Publications Office of the European Union. EU law and publications. En ligne : <http://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/publications/2216>
 - Cigref (2011). *Les risques numériques pour l'entreprise*.
En ligne : http://www.cigref.fr/cigref_publications/RapportsContainer/Parus2011/Risques_numeriques_pour_l_entreprise_CIGREF_2011.pdf
 - Conseil consultatif en matière de croissance économique, (CCMCE) (2017). *Bâtir une main-d'œuvre canadienne hautement qualifiée et résiliente au moyen du laboratoire des compétences futures*. En ligne : <http://publications.gc.ca/site/eng/9.832050/publication.html>
 - Conseil d'orientation pour l'emploi (COE) (2017a). *Automatisation, numérisation et emploi. Tome 2 L'impact sur les compétences*. En ligne : http://www.coe.gouv.fr/Rapport_Automatisation_numerisation_et_emploi_Tome_2-3dc9c.pdf?file_url=IMG/pdf/Rapport_Automatisation_numerisation_et_emploi_Tome_2-3.pdf
 - Deloitte (2018). *Tracking the trends 2018. The top 10 issues shaping mining in the year ahead*.
En ligne : <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/energy-resources/2018/Tracking-the-Trends-2018.pdf>
 - Forum économique mondial (FEM, 2018a). *Towards a reskilling revolution. A future of jobs for all. Insight report*.
In collaboration with The Boston Consulting Group. En Ligne : http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOW_Reskilling_Revolution.pdf
 - Forum économique mondial (FEM, 2018b). *Eight futures of work. Scenarios and their implications*. White Paper. In collaboration with The Boston Consulting Group.
En Ligne : http://www3.weforum.org/docs/WEF_FOW_Eight_Futures.pdf
 - Forum économique mondial (FEM, 2017). *Digital Transformation Initiative Mining and Metals Industry*. White Paper. In collaboration with Accenture.
En ligne : <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/wef-dti-mining-and-metals-white-paper.pdf>
 - Foundation for Young Australians (FYA) (2017a). *The new work mindset. 7 new job clusters to help young people navigate the new work order*.
En ligne : <https://www.fya.org.au/wp-content/uploads/2016/11/The-New-Work-Mindset.pdf>
 - Foundation for Young Australians (FYA) (2017b). *The new work smarts. Thriving in the New Work Order*.
En ligne : https://www.fya.org.au/wp-content/uploads/2017/07/FYA_TheNewWorkSmarts_July2017.pdf
 - Hannon, Valerie (2017). *ILE strand 3: innovation, systems and system leadership*. Innovation unit.
En ligne : http://www.oecd.org/education/cei/Hannon%20paper_ILE%20strand%203.pdf
 - IDC Perspective (2017). *Mining industry transformation. Executive Snapshot*. IDC #AP42252117e.
En ligne : <https://software-solutions.schneider-electric.com/idc-perspective-mining-industry-transformation-whitepaper>
 - Institut for the future (IFTF) (2017). *Charting New Paths to the Future in the California Community Colleges*.
En ligne : http://www.iftf.org/fileadmin/user_upload/downloads/learning/IFTF_CCC_Charting_New_Paths_SR-1930_2.pdf
 - Monitor Deloitte (2016). *Innovation in mining Australia 2016. Create. Change. Illuminate*.
En ligne : <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/gx-au-en-innovation-in-mining.pdf>
 - Organisation internationale du travail (OIT) (2015). *Anticipating and matching skills and jobs*. Guidance note. Genève, Suisse.
En ligne : http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_534307.pdf
 - Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 2018). *Automation, skills use and training*.
OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 202, OECD Publishing, Paris. En ligne : <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>
 - Proctor, DeAnna L. (2016). *Games and simulations in soft skills training*. The Graduate School. Morehead State University.
En ligne : https://scholarworks.moreheadstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=msu_theses_dissertations
 - Sharma, Nipun (2017). *Top 5 reasons why skill-based online training is better than knowledge-based*. eLearning industry.
En ligne : <https://elearningindustry.com/top-reasons-skill-based-online-training-better-knowledge-based>
 - Snell, Darryn, Gekara, Victor et Gatt, Krystle (2016). *Cross-occupational skill transferability: challenges and opportunities in a changing economy*. NCVER. Adélaïde. En ligne : https://www.ncver.edu.au/_data/assets/file/0023/55913/cross-occupationalskilltransferability-2862.pdf

