

Études des pratiques d'analyse des risques machines dans le secteur minier québécois

DANIEL PELCHAT¹, FRANÇOIS GAUTHIER²

¹ DEPARTEMENT DE TECHNOLOGIE MINERALE, CEGEP DE THETFORD
671, Boulevard Frontenac Ouest, Thetford Mines (Québec), G6G 1N1, Canada
dpelchat@cegeph.qc.ca

² DEPARTEMENT DE GENIE INDUSTRIEL, UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES
C.P. 500, Trois-Rivières (Québec), G9A 5H7, Canada
francois.gauthier@uqrtr.ca

Résumé - Un peu plus d'une vingtaine de mines sont actuellement en opération au Québec. La santé et la sécurité du travail (SST) représentent des enjeux majeurs pour cette industrie. Ces mines étant fortement mécanisées, on y fait grand usage de plusieurs types de machines. Une revue de la littérature permet toutefois de constater que dans ce secteur, les outils d'analyse de risques semblent peu utilisés pour les risques machines. Cette étude exploratoire visait donc à dresser le portrait des pratiques d'analyse des risques machines dans le secteur minier québécois. Un sondage postal et Internet a permis de mieux connaître le taux d'utilisation des outils d'analyse de risques et d'identifier les différentes interventions en sécurité des machines qui sont mises en œuvre dans ces entreprises. L'étude révèle que les entreprises minières québécoises accordent une grande importance à la SST en général et à la sécurité des machines en particulier. De plus, les résultats suggèrent qu'en grande majorité, ces entreprises connaissent et utilisent des outils d'analyse des risques machines. Cet article fera état de l'ensemble des problématiques identifiées et des constats de cette étude exploratoire.

Abstract - A little more than a twenty mines are currently in operation in Quebec. Occupational Health and safety (OHS) represent major challenges for this industry. These mines are highly mechanized and make great use of several types of machines. A review of the literature allows however that in this sector, risk analysis tools seem underused for risk machines. This exploratory study aimed to draw the portrait of machines risk analysis practices in the Québec mining sector. A postal survey and Internet has enabled better utilization of the tools of risk analysis and identification of the various interventions in security of the machines which are implemented in these companies. The study reveals that the Quebec mining companies attach great importance to OSH in general and the safety of machinery in particular. In addition, the results suggest that, overwhelmingly, these companies know and use machines risk analysis tools. This article will state of all identified issues and the findings of this exploratory study.

Mots clés – Mines, analyse, risques, machines

Keywords – Mines, analysis, risks, machines

1 INTRODUCTION

Selon l'Association Minière du Québec (AMQ), le secteur minier québécois génère environ 17 000 emplois directs. Les principaux minéraux/métaux extraits sont l'or, le cuivre, le fer, le nickel, le zinc, le niobium et le graphite. L'Institut de la statistique du Québec (ISQ) indique qu'en avril 2013, 26 mines étaient en opération au Québec [ISQ, 2013]. Elles se retrouvent généralement en Abitibi-Témiscamingue, en Jamésie, sur la Côte-Nord et dans le Grand-Nord québécois.

La santé et la sécurité du travail (SST) sont des enjeux majeurs pour cette industrie. C'est sans doute pour cette raison que l'on retrouve une section dédiée à la SST sur la majorité des sites Internet des différentes compagnies minières et de leurs

associations. Des efforts importants sont consentis dans ce secteur pour améliorer le bilan de SST, notamment grâce aux activités de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur minier du Québec (APSM), entièrement dédiée « à éliminer à la source les dangers pour la santé, la sécurité et l'intégrité physique des travailleurs » [APSM, 2013].

En 2011, le secteur minier québécois a enregistré sa meilleure performance au niveau de la fréquence d'accidents et ce, depuis 1998. De 1998 à 2010, la moyenne de la fréquence d'accidents était de 8,6 accidents/100 travailleurs pour une année de travail (200 000 heures). Pour l'année 2011, la fréquence a été de 4,2 (AMQ, 2012).

Les mines québécoises sont en général fortement mécanisées et une grande diversité de machines, mobiles ou fixes, y sont utilisées. Les machines fixes sont principalement localisées dans les usines de concentration du minerai : concasseurs, tamis vibrants, convoyeurs, broyeurs, mélangeurs, etc. Des machines plus usuelles, comme des pompes centrifuges, des ponts roulants, des compresseurs et des plateformes élévatrices sont également utilisées. Des machines fixes sont aussi présentes hors de l'usine, comme des portes hydrauliques, des ventilateurs et des machines d'extraction du minerai pour les mines souterraines, ainsi que des concasseurs, des convoyeurs et des pompes, utilisés aussi dans les mines à ciel ouvert. Du côté des machines mobiles, on note les camions à benne, les chargeuses, les chariots élévateurs et les foreuses. En plus des machines spécialisées, chaque opération minière comporte plusieurs ateliers mécaniques où se font l'entretien et la réparation des machines et des équipements mobiles et dans lesquels se trouvent des tours d'usinage, des perceuses, des meuleuses, etc.

1.1 Les accidents machines

Partout dans le monde, les accidents machines sont une préoccupation importante des organismes de prévention et de compensation. Aux États-Unis, on rapportait, entre 1980 et 1989, 8 505 décès associés aux machines, pour une incidence de 0.8 décès par 100 000 travailleurs [Pratt et al., 1996]. Les accidents machines seraient donc responsables du tiers des décès au travail aux États-Unis [Eherton et al., 2008]. Plus récemment, le *US Bureau of Labor Statistics* faisait état de 717 décès attribuables aux machines en 2013 [US Bureau of Labor Statistics, 2014]. En Turquie, les fractures et les amputations comptent pour 64.9 % des lésions causées par les machines agricoles [Akdur et al., 2010] et en Allemagne, 37 % des dispositifs de sécurité sur les machines de travail du métal sont volontairement neutralisés [Luken, K., et al., 2006].

Au Québec, la Commission de la Santé et de la sécurité du travail (CSST) rapporte 3 503 lésions liées aux machines pour l'année 2013 et 3 670 en 2012. Les statistiques montrent également que 42 accidents mortels en lien avec les machines sont survenus durant la période 2009-2013 [CSST, 2014]. Globalement, les accidents machines au Québec comptent pour environ 15 % de l'ensemble des accidents indemnisés par la CSST, occasionnant des déboursés annuels moyens de l'ordre de 71,5 millions de dollars.

Les accidents occasionnés par des machines peuvent avoir plusieurs causes. La principale est l'absence de protecteur ou de dispositif de protection (54 % des cas), qui sont absents dès la conception, ou ont été neutralisés par les utilisateurs [Backström et al., 2000]. Il s'agit d'une proportion élevée qui est confirmée par des chercheurs de l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles en France (INRS), qui ont estimé à 32 % la proportion d'accidents survenus en l'absence de protection [Dei Svaldi et al., 2004]. Comme la neutralisation peut parfois être tolérée par l'employeur, la fréquence des neutralisations va en augmentant. Les besoins de neutralisations par les travailleurs sont souvent le fruit d'une déficience au niveau des interfaces homme-machine et de l'absence d'intégration des mesures de sécurité à l'étape de conception des machines [Luken, K., et al., 2006].

Une autre cause importante d'accidents est la présence de mouvements résiduels de la machine, souvent des mouvements d'origine pneumatique ou hydraulique, n'ayant pas été pris en compte. En France, 20 % des accidents machines seraient occasionnés par le fonctionnement intempestif d'un automatisme [Dei Svaldi, D., Charpentier, P., 2004]. Des protecteurs mal conçus et n'empêchant que partiellement l'accès à la zone dangereuse, peuvent également expliquer certains accidents.

1.2 Les accidents machines dans le secteur minier

Même si leurs conditions de travail se sont grandement améliorées au fil des décennies, les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs œuvrant dans le secteur minier sont encore importants. En 2006, pour l'ensemble de la planète, les travailleurs du secteur minier, qui représentaient 1 % de tous les travailleurs, comptaient pour 8 % des décès [Lebeau et al., 2011]. Aux États-Unis, entre 1995 et 2005, les accidents machines représentaient, selon les différents sites miniers, de 37 à 88 % de tous les accidents déclarés dans ce secteur [Keckojevic et al., 2007]. Ruff et al. [2011] arrivent à des conclusions similaires et indiquent que les accidents machines comptent pour 41 % de tous les accidents graves dans le secteur minier aux États-Unis. Une autre étude confirme qu'entre 39 et 86 % des décès survenus dans le secteur minier américain (de 1997 à 1999) impliquaient un « équipement » [Md-Nor et al., 2008a]. Beaucoup de ces accidents impliquent des camions à benne, des convoyeurs ou des chargeuses et 44 % des travailleurs décédés avaient moins de cinq années d'expérience significative dans le secteur minier [Md-Nor et al., 2008b]. Les boulonneuses servant à mettre en place des encrages afin d'augmenter la stabilité du massif rocheux seraient aussi responsables de 600 accidents par année aux États-Unis [Ducarme et al., 2010].

Ailleurs dans le monde, Khanzode et al. [2011] ont établi que près de 25 % (400 sur 1 608) des risques dans une mine de charbon souterraine en Inde étaient reliés aux machines. Dans les mines de charbon en Australie, les statistiques montrent que les travailleurs sont souvent blessés lorsqu'ils sont à proximité des câbles d'une machine de minage en continu ou d'une foreuse, ou lorsqu'ils montent ou descendent d'une machine [Burgess-Limerick et al., 2006]. En Zambie (Afrique), les accidents machines sont surtout attribuables à des foreuses pneumatiques manuelles et à des marteaux piqueurs [Prudence et al., 2009]. Dans les pays industrialisés, il y a certes une plus grande proportion d'opérateurs de machinerie mobile munie de cabine. Toutefois, des machines moins récentes, sans poste de commande situé dans une cabine protégeant le travailleur, sont encore employées, en particulier dans les opérations minières plus anciennes. Les travailleurs utilisant ce type de machine sont plus exposés aux parties mobiles.

Les chutes à partir des machines mobiles ou fixes contribuent à noircir le tableau de la sécurité du secteur minier. Bell et ses collaborateurs [2000] ont démontré que dans les mines de charbon aux États-Unis, une majorité d'accidents machines surviennent lorsque les travailleurs montent ou descendent d'une machine mobile ou fixe. Moore et ses collaborateurs [2009] arrivent aux mêmes constatations, c'est-à-dire qu'une proportion importante des accidents se produisent lorsque les travailleurs montent mais surtout descendent de la machine, souvent au cours d'une intervention de maintenance. Des piétons heurtés ou encore des machines mobiles qui se renversent ou chutent au pied d'une pente abrupte figurent également parmi les accidents

relativement fréquents. Dans les mines à ciel ouvert, les camions à benne et les chargeuses représentent les machines les plus dangereuses selon Kecojevic et ses collaborateurs [2004].

Au Québec, les travailleurs miniers représentent 0,4 % de l'ensemble des travailleurs, mais sont victimes de 4 % de tous les décès [Lebeau et al., 2011]. De 1990 à 2013, on dénombre 5 décès de travailleurs miniers causés directement par une machine, selon la section « Sécurité des machines » des rapports d'enquête de la CSST [CSST, 2013]. L'APSM indique qu'il y a eu 308 incidents et accidents rapportés en 2012 dans son secteur et qu'un peu plus du quart de ces accidents impliquaient une machine [APSM, 2013]. Par exemple, un boyau hydraulique s'est détaché d'une machine et a frappé un travailleur, ou encore un mineur s'est fait coincer la main en manipulant une foreuse. Il faut toutefois interpréter ces données avec précaution car les informations transmises à l'APSM par les mines québécoises le sont sur une base volontaire et les descriptions d'incidents et d'accidents sont souvent sommaires.

Les défaillances mécaniques sont responsables d'un grand nombre d'accidents machines dans le secteur minier, l'inexpérience et/ou le manque de formation également. L'entretien déficient est donc une source d'accident et la conception des machines, des circuits de commandes et des installations ne tiennent pas compte de tous les niveaux d'expérience des travailleurs susceptibles d'opérer certaines machines utilisées dans l'industrie minière [Kecojevic et al., 2007].

La taille et le poids de certaines machines manuelles utilisées par les mineurs peuvent également expliquer plusieurs accidents. D'autres machines beaucoup plus grosses, des engins miniers mobiles utilisés sous terre par exemple, sont souvent commandées à distance. Paradoxalement, les opérateurs les contrôlant sont souvent à proximité afin d'être en mesure de voir ce qui se passe à l'avant. L'espace y est souvent très restreint et l'éclairage insuffisant. Il devient difficile dans un tel environnement, de percevoir la vitesse de déplacement (avance, recule, pivote...) de l'engin. Une trop grande vitesse de mouvement, jumelée à un espace restreint et à une faible luminosité sont responsables de graves accidents. Un des facteurs contributifs à ce type d'accidents est le manque d'uniformité dans la disposition des leviers situés sur les consoles de commande entre les différents fabricants. Le manque d'uniformité s'observe parfois chez le même fabricant. Comme c'est le cas pour d'autres secteurs d'activités, beaucoup d'accidents dans les mines surviennent lors de l'entretien des machines, mobiles ou fixes [Onder, 2013]. Celles-ci ne sont pas toutes conçues pour en faciliter la maintenance. Certaines pièces devant être remplacées régulièrement sont mal situées. Les accès peuvent être glissants, les échelles inexistantes ou peu sécuritaires, en particulier par temps froid s'il s'agit d'une opération minière à ciel ouvert.

1.3 La gestion des risques machines dans le secteur minier

Plusieurs approches de prévention peuvent être mises en œuvre afin de réduire les risques associés aux machines. Les fabricants de machines doivent d'abord concevoir les machines de manière à réduire les risques à la source et le cas échéant, prévoir des moyens de protection et informer les utilisateurs des risques résiduels et des mesures qui doivent être prises pour les contrôler. Mais différentes approches de gestion des risques doivent aussi être mises en œuvre par les utilisateurs de

machines, c'est-à-dire les entreprises et les personnes qui les emploient, afin de réduire les risques associés à leur utilisation particulière sur le terrain. Parmi celles-ci, on retrouve le cadenassage, l'inspection des machines, la formation des opérateurs et l'analyse de risques [Tremblay, 2015].

L'analyse de risques est une démarche qui s'inscrit dans une approche globale de gestion des risques, tel que le propose la norme ISO 31000 – *Management du risque – Principes et lignes directrices* [ISO, 2014]. Cette norme générale, qui fournit des principes, un cadre et des lignes directrices pour gérer toute forme de risque (comme par exemple les risques à l'environnement, à la réputation professionnelle, les risques économiques, etc.), préconise l'analyse de risques comme une démarche structurée permettant d'identifier les situations à risque et d'en estimer le niveau de criticité. Pour les risques machines, c'est la norme ISO 12100 [ISO, 2010], *Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation et réduction du risque*, qui précise les différents aspects entourant l'analyse et la réduction des risques spécifiques aux machines. Cette norme internationale définit l'analyse de risques comme la combinaison de (i) la détermination des limites de la machine, (ii) de l'identification des phénomènes dangereux et (iii) de l'estimation du risque (Figure 1). L'analyse de risque fournit l'information nécessaire à l'évaluation du risque, qui complète la démarche et permet de rendre des jugements sur la nécessité de réduire le risque. Il convient de noter que la norme canadienne CSA Z432 [CSA, 2009] *Protection des machines*, reprend essentiellement les mêmes principes que la norme ISO 12100 en ce qui concerne la démarche d'analyse et de réduction des risques machines.

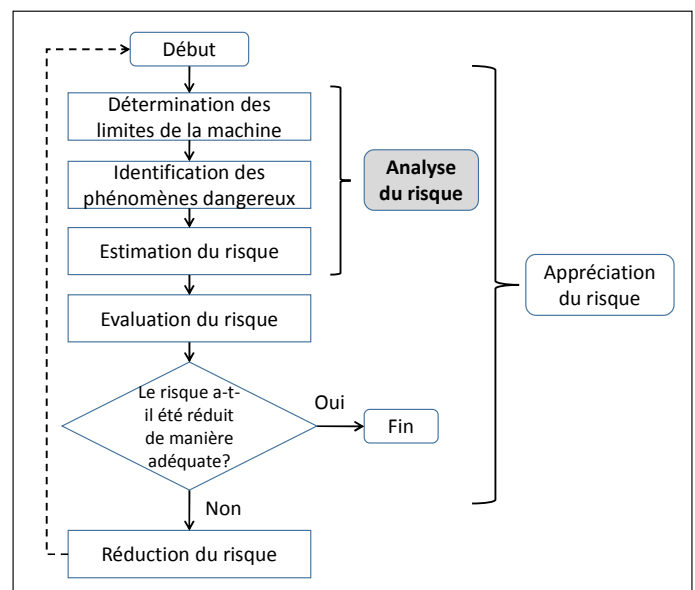


Figure 1 La démarche d'analyse de risques selon la norme ISO 12100 [ISO, 2010]

L'analyse de risques fait partie des pratiques de gestion des risques dans de nombreuses organisations depuis plusieurs années. Les outils d'analyse de risques sont bien connus, adaptés et utilisés par l'industrie chimique, nucléaire et aéronautique et ce, depuis les années 1960 [Main, 2004]. On note également que depuis quelques années, l'industrie manufacturière se tourne elle aussi, vers des pratiques d'analyse de risques, en particulier pour les risques machines. La CSST et

l'IRSST ont d'ailleurs publié un guide à cet effet [CSST, 2006]. Ce constat est sans doute relié au *Plan d'action Sécurité des machines* mis en place par la CSST en 2005 et dont l'objectif était de diminuer voire éliminer, les accidents machines [CSST, 2005].

Mais qu'en est-il de l'industrie minière ? Dans une étude portant sur les risques présents dans les mines de charbon souterraines, Khanzode et ses collaborateurs [2011] observent qu'il existe une vaste littérature à propos de l'analyse de risques, mais que peu concerne le secteur minier. Md-Nor et ses collaborateurs [2008] relatent l'application de la méthode d'analyse de risques *Preliminary Hazard Assessment* (PHA) et d'une matrice d'estimation du risque pour l'analyse des risques associés aux camions à benne, aux chargeuses et aux bulldozers. Permana [2012] s'est penché sur les accidents dans les mines indonésiennes afin d'identifier les facteurs de risque en cause en utilisant les principes de la norme ISO 31000. Une étude de Patterson et ses collaborateurs [2010] révèle que dans l'état du Queensland (Australie), des outils d'appréciation et de réduction du risque sont bel et bien utilisés par les entreprises minières, mais parfois sans conviction. Ils observent que l'analyse de risques ne se résume souvent qu'à remplir des formulaires. Ce ne sont pas les seuls chercheurs à pointer du doigt l'industrie minière australienne à ce sujet. À titre d'exemple, dans une étude de cas d'une mine souterraine australienne, Bahn [2013] a démontré que pour 18 équipes de travailleurs, seulement 13 ont été en mesure d'identifier le risque évident (*obvious hazards*) que constitue une machine en mouvement et une seule équipe a su identifier le risque associé à l'énergie emmagasinée par le fluide hydraulique dans une machine. Certains risques cachés (*hidden hazards*) n'ont été identifiés que par 3 des 18 équipes. Lenné et al. [2012] ont eux aussi constaté que les démarches d'appréciation et de réduction du risque ne sont pas ou sont mal utilisées dans le secteur minier.

Ces constats sont peut-être dus au fait que les outils d'analyse de risques utilisés dans le secteur minier sont souvent empruntés à d'autres types d'industries. Les particularités du secteur minier militent pour la mise au point d'outils propres à cette industrie. Pour développer un outil adapté aux mines à ciel ouvert, Komljenovic et Kecojevic [2007] ont d'ailleurs proposé une démarche en six phases. Notons que l'APSM offre depuis 2013, une formation en analyse des risques généraux. Tous les types de risques sont couverts : substance toxique, ergonomie, machine, etc. Selon le directeur de cette organisation, en novembre 2013, environ une centaine de personnes du secteur minier avaient suivi cette formation. Toutefois, cette formation était basée sur un outil d'analyse de risques provenant d'un autre secteur industriel.

Cette revue de la littérature permet de constater que les chercheurs qui se sont intéressés à l'analyse de risques dans le secteur minier, et en particulier à l'analyse des risques machines, sont peu nombreux. Le portrait de cette industrie sur ce plan reste donc incomplet, tant au niveau international qu'au niveau québécois. Pourtant, les accidents machines demeurent une préoccupation importante pour ce secteur et Poplin et ses collaborateurs [2008] suggèrent qu'une approche basée sur l'analyse de risques serait plus efficace pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs dans le secteur minier.

2 OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Suivant le constat établi précédemment, l'objectif de cette étude était de dresser le portrait des pratiques d'analyse des risques machines dans les entreprises minières québécoises. Via une enquête effectuée auprès d'intervenants en SST du secteur minier québécois, l'utilisation de l'analyse des risques machines a été évaluée et comparée à d'autres caractéristiques des entreprises sondées, notamment :

- le profil de l'entreprise minière (nombre d'employés, type de mine, type et capacité de production);
- l'importance accordée à la SST;
- la préoccupation à propos de la sécurité des machines;
- l'utilisation d'outils d'analyse de risques en général.

2.1 Élaboration du questionnaire

Un questionnaire auto-administré a été transmis par la poste et par courrier électronique aux responsables de la SST (« principal intervenant en SST ») des entreprises minières au Québec. Un hyperlien était également disponible afin que les répondants puissent participer au sondage en ligne par l'entremise de l'outil d'enquête de l'Université du Québec à Trois-Rivières, garantissant la confidentialité des répondants. Afin de maximiser la participation, des relances ont été effectuées auprès des organisations n'ayant pas retourné le questionnaire papier ou rempli la version en ligne.

Le questionnaire comportait 24 questions et la durée estimée pour y répondre était de 30 minutes. La grande majorité des questions consistait à cocher une case sur une échelle de Likert à 7 niveaux (de « *Tout à fait en accord* » à « *Totalement en désaccord* » et « *Ne sais pas* »). Certaines questions étaient de type multichotomique à réponses multiples, le répondant pouvant cocher plus d'une case. Quelques questions mixtes, ou semi-ouvertes, composaient également le questionnaire. Des questions signalétiques, dans le but de connaître le profil des répondants, ont aussi été posées.

Les 24 questions ont été divisées en 6 sections. Les premières questions servaient à dresser le profil opérationnel de l'entreprise. La seconde section comportait des questions visant à dresser le portrait général de l'entreprise en matière de SST. La troisième section visait à établir le portrait de l'entreprise concernant l'analyse de risques en général. Le questionnaire comportait ensuite des questions concernant l'analyse de risques spécifiques aux machines, cette section se terminant par une question ouverte. La cinquième section servait à connaître le profil des répondants. Le questionnaire terminait avec une section permettant aux répondants de soumettre leurs commentaires.

2.2 Validation du questionnaire

Le directeur de l'APSM a reçu la version préliminaire du questionnaire et a par la suite, été rencontré. Cela a permis d'avoir des échanges de vive voix et d'apporter des correctifs au questionnaire, notamment au niveau du vocabulaire utilisé afin que les termes choisis soient les plus clairs possible pour les intervenants en SST des compagnies minières sondées.

2.3 Description de l'échantillon

Sur les 26 mines en opération au Québec en avril 2013, 22 ont pu être contactées entre février et juin 2014. Onze questionnaires complétés ont été reçus, pour un taux de réponse de 50 %. Ce taux de réponse a pu être obtenu grâce au support de

l'Association Minière du Québec, qui a diffusé l'information à ses membres par courriel ainsi que lors d'un congrès à propos de la SST tenu en Abitibi-Témiscamingue à l'hiver 2014.

3 RESULTATS

3.1 Profil général des entreprises et des répondants

Sept opérations minières sur 11 avaient moins de 500 travailleurs présents sur leur site. Neuf de ces mines sont des mines souterraines et plus de la moitié, six, sont des mines de métaux précieux, principalement l'or, celui-ci étant parfois associé à l'argent. Une majorité, neuf, ont une capacité de traitement de moins de 750 tonnes de minerai traité par heure.

Quant aux répondants, la grande majorité (10 sur 11) avaient une expérience de plus de 5 ans à titre d'intervenant en SST et 8 sur 11 avaient plus de 5 ans d'expérience dans le secteur minier. Ceux-ci occupent aussi bien des postes de direction (4 surintendants) que des postes de cadres intermédiaires (5 coordonnateurs). La plupart ont des employés sous leur responsabilité. Un « conseiller en SST » et un « responsable en SST » ont également participé à l'enquête.

3.2 Profil des entreprises concernant la SST

Dans toutes ces entreprises, le nombre de participants aux réunions du comité de santé et sécurité est de 6 personnes ou plus et ce comité se réunit à une fréquence moyenne d'environ 8 fois par an.

Les répondants devaient également spécifier la proportion approximative d'accidents ou d'incidents impliquant une machine, survenus dans leur entreprise au cours des 5 dernières années. La Figure 2 présente la répartition des réponses. Il est intéressant de noter que 7 des répondants ont affirmé que les accidents machines représentent moins de 20 % des accidents se produisant dans leur entreprise, alors que la littérature suggère une proportion beaucoup plus élevée, soit de 25 à 88 % [Kecojevic et al. 2007] [ASPM, 2013].

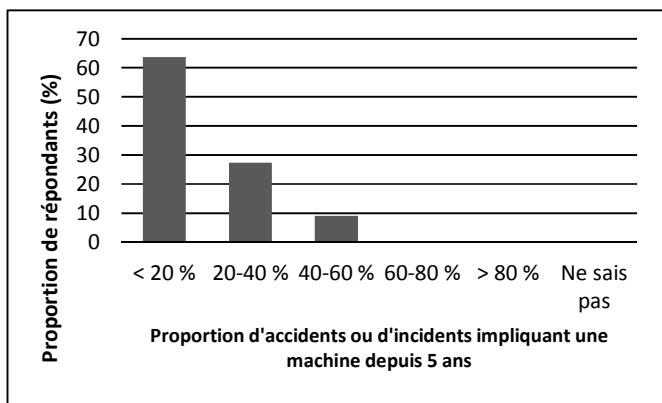


Figure 2 Proportion d'accidents impliquant une machine selon les répondants

Cinq questions visaient à évaluer l'importance qu'accordent les organisations à propos de la SST en général et de la sécurité des machines en particulier. Les répondants ont majoritairement indiqué être « *Totalement en accord* » ou « *En accord* » avec les affirmations suivantes :

- Au cours des 12 derniers mois, les employés de votre entreprise ont accordé une grande importance à la SST.
- Dans la dernière année, la direction de votre entreprise a accordé une grande importance à la SST.
- Au cours des 12 derniers mois, la sécurité des machines a été une préoccupation importante dans votre entreprise.
- Dans votre entreprise, les zones dangereuses des machines sont rendues inaccessibles ou à l'accès strictement contrôlé.

Il en ressort que dans les mines québécoises, la préoccupation pour la SST en général et pour la sécurité des machines en particulier, est relativement élevée. Toutefois, pour 8 de ces entreprises, il semble qu'une intervention de la CSST ait été l'un des éléments déclencheurs de leur préoccupation pour la sécurité des machines. En effet, les répondants sont, à des degrés divers, en accord avec l'affirmation « *Au cours des 5 dernières années, la sécurisation des machines fut initiée à la suite d'une intervention d'un inspecteur de la CSST.* »

3.3 Profil des entreprises concernant l'analyse de risques en général

Afin d'établir le profil des entreprises concernant l'analyse de risques en général, les répondants devaient spécifier les types de risques ayant fait l'objet d'au moins une analyse au cours des 5 dernières années. Comme le montre la Figure 3, des analyses de risques machines ont été réalisées dans toutes ces entreprises. De plus, la très grande majorité des organisations, soit 8 sur 11, ont effectué en moyenne plus de 10 analyses des risques (tous types de risques confondus) au cours des 5 dernières années.

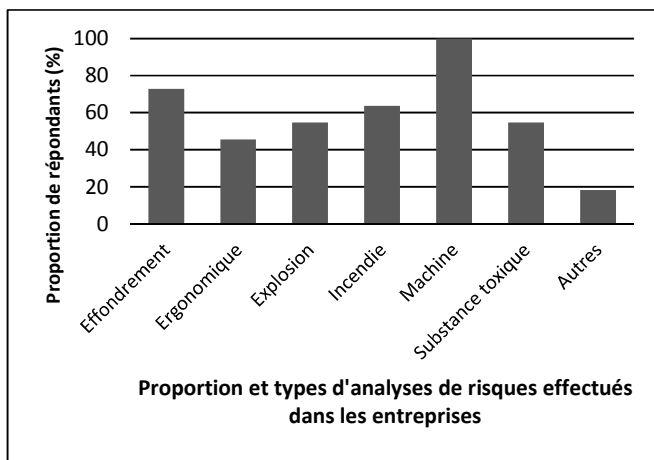


Figure 3 Proportion de types de risques ayant fait l'objet d'une analyse

Sans surprise, les risques d'effondrement arrivent au second rang des types de risques les plus analysés, avec une proportion de 73 % des entreprises. Les risques ergonomiques n'ont fait l'objet d'analyses que dans un peu moins de 50 % des entreprises. Il s'agit d'ailleurs du risque le moins analysé par les entreprises minières au Québec.

Au niveau des outils ou méthodes utilisés pour réaliser ces analyses des risques en général, la Figure 4 montre que l'analyse de tâches est l'outil le plus employé par les entreprises minières, plus de 90 % des répondants ayant affirmé s'en servir. Dans plus

de 70 % des cas, les mines ont recours à un outil interne d'analyse de risques. Le guide de la CSST/IRSST [CSST, 2006] vient au troisième rang des outils les plus utilisés. Un des répondants a précisé que l'organisation avait recours à l'outil « sécurité des machines ». Un autre répondant a mentionné que l'outil employé était celui de l'APSM. Rappelons que l'outil de cette association a été emprunté à un autre secteur industriel.

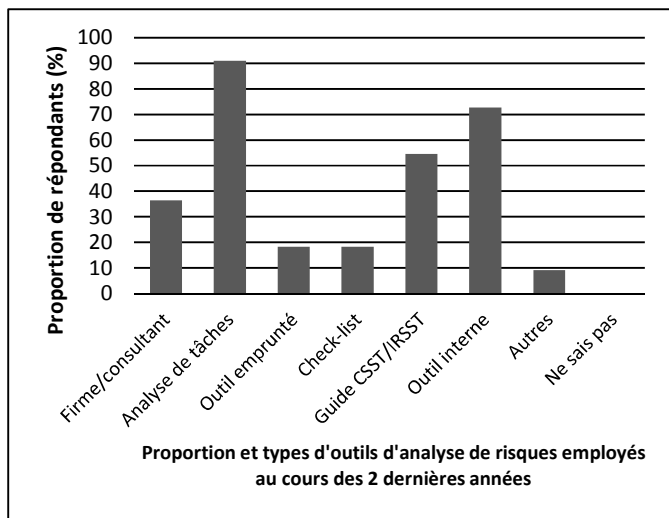


Figure 4 Outils d'analyse des risques utilisés par l'entreprise

3.4 Profil des entreprises concernant l'analyse des risques machines

Quatre questions avaient pour objectif d'établir le portrait des entreprises minières spécifiquement quant à l'analyse des risques machines. À la question « Dans votre entreprise, combien de personnes ont actuellement des compétences en analyse de risques machines ? », 7 des répondants ont indiqué qu'il y avait dans leur organisation entre 1 et 5 personnes formées en analyse de risques machines. Un seul répondant a indiqué qu'il n'y avait aucune personne de formée. La Figure 5 montre la répartition des réponses.

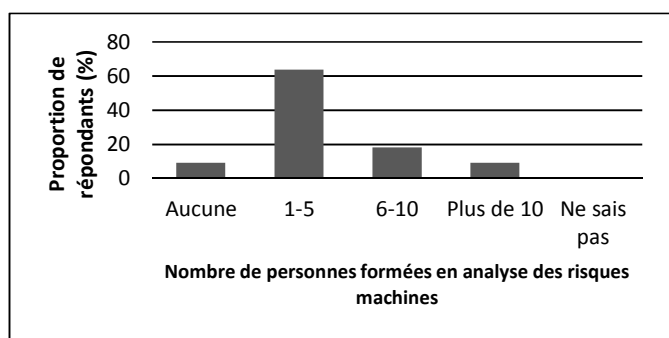


Figure 5 Nombre de personnes formées en analyse des risques machines

La Figure 6 montre que seulement 2 répondants sur 11 ont répondu être totalement en accord avec l'énoncé « Dans votre entreprise au cours des 24 derniers mois, les risques machines ont été identifiés, les correctifs nécessaires ont été apportés et les risques machines ont bien été contrôlés ». Ce résultat suggère

qu'il pourrait subsister un doute dans l'esprit de plus de 82 % des répondants quant à l'identification et la réduction des risques machines dans leur entreprise.

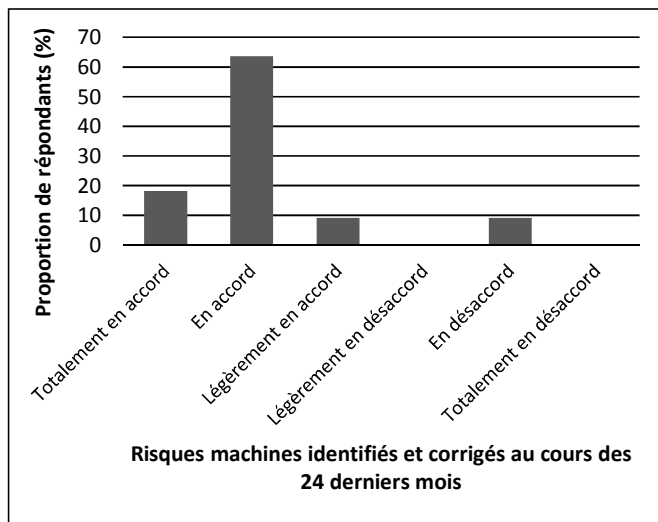


Figure 6 Risques identifiés et machines sécuritaires

La Figure 7 présente les réponses obtenues à la question « Au cours des 2 dernières années, quelles ont été les approches et/ou les outils d'analyse de risques machines employés dans votre entreprise ? ». Comme ce fut le cas pour l'analyse des risques en général, l'analyse de tâches est largement répandue pour l'analyse des risques machines dans l'industrie minière québécoise. La démarche proposée dans la norme CSA Z432-04 [CSA, 2009] obtient le même score, soit près de 64 % d'utilisation. Le guide de la CSST/IRSST [CSST, 2006] et les outils internes sont également populaires, étant employés par plus de 54 % des organisations. Seuls deux (2) répondants sur les 11 disent avoir utilisé la norme ISO 12100 [ISO, 2010].

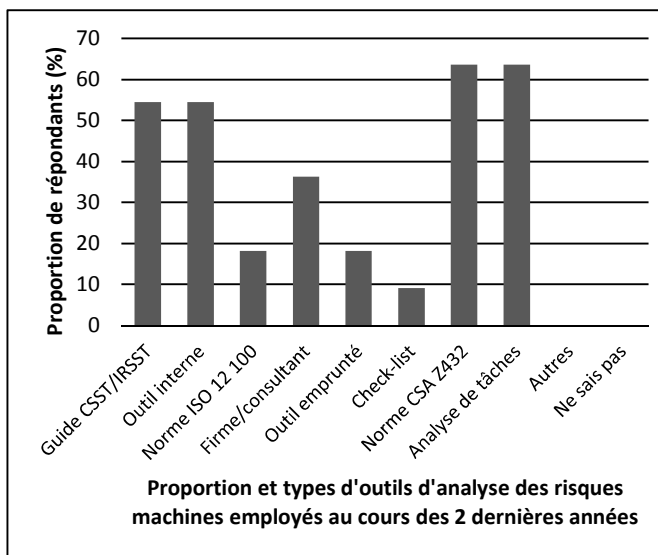


Figure 7 Outils d'analyse des risques machines utilisés par l'entreprise

4 DISCUSSION

Les résultats de cette étude montrent que l'importance accordée à la SST en général par les entreprises minières du Québec est relativement élevée. Ils montrent aussi qu'il existe une grande variété de risques pour lesquels les entreprises minières au Québec effectuent des analyses. Toutes les entreprises ayant participé à l'enquête auraient analysé au moins un type de risque au cours des 5 dernières années et chaque type de risque a fait l'objet d'une analyse par 65 % de ces entreprises. De plus, selon les résultats présentés à la Figure 2, toutes les entreprises ayant participé à l'enquête effectueraient des analyses de risques machines. Les risques machines constituent même les seuls risques faisant l'objet d'analyses par l'ensemble de ces entreprises. Ce constat semble rejoindre les résultats des travaux de Etherton [2008], qui a mis en évidence que les entreprises ayant une bonne culture en SST sont confiantes de l'efficacité de l'approche préventive que constitue l'analyse des risques machines.

Parmi ces entreprises, il y a des exploitations minières de taille et de capacité de traitement variées. Il en est de même en ce qui concerne le type de minéraux/métaux exploités. Il semble donc que le profil de l'entreprise minière n'influencerait pas l'utilisation de l'analyse des risques machines.

Par ailleurs, les résultats de l'étude suggèrent que pour ces entreprises, la préoccupation en matière de sécurité des machines est toute aussi élevée que l'importance accordée à la SST en général. Toutefois, cette préoccupation à propos des risques machines pourrait avoir comme origine l'intervention d'un inspecteur de la CSST puisque près de 73 % des répondants ont affirmé que la sécurisation des machines fut initiée à la suite d'une telle intervention. D'ailleurs, un des répondants a mentionné faire usage des outils d'analyses des risques machines pour « se conformer à la réglementation » et 2 autres ont fait référence à la CSST. Rappelons que la CSST a mis sur pied en 2005, un plan d'action de tolérance zéro en matière de sécurité des machines et que ce plan d'action est effectivement mis en application par ses inspecteurs.

En ce qui concerne les outils d'analyse de risques utilisés, l'analyse de tâches est l'outil le plus utilisé (tous types de risques confondus, incluant les risques machines) dans ces entreprises. Toutefois, plus de 70 % des entreprises affirment disposer de leurs propres outils d'analyse et un peu plus de 50 % se servent du guide publié par la CSST/IRSST [CSST 2006]. À 18 % chacun, les outils empruntés à d'autres secteurs d'activité et les *check-lists* sont les moins utilisés. En ce qui a trait plus spécifiquement aux risques machines, 64 % des répondants affirment se servir de la démarche proposée dans la norme CSA Z432-04 pour effectuer leurs analyses. Avec l'analyse de tâches, il s'agit de la méthode d'analyse des risques machines la plus employée par l'industrie minière au Québec. Les outils internes et les guides CSST/IRSST arrivent ex æquo au second rang (6 sur 11). La démarche proposée dans la norme ISO 12100 (2 sur 11) et les « *check-lists* » (1 sur 11) sont les méthodes les moins utilisées par ces entreprises pour effectuer les analyses des risques machines.

Ces constats quant à l'utilisation de l'analyse des risques machines par les entreprises minières au Québec sont plutôt surprenants, compte tenu de ce qui ressort de la revue de la littérature. D'abord, selon L'APSM, les machines sont impliquées dans au moins le quart des lésions professionnelles

dans ce secteur, ce qui pourrait paraître élevé dans le contexte [APSM, 2013]. Ensuite, les premières formations en analyse de risques offertes par l'APSM n'ont débuté qu'à l'automne 2013, laissant entrevoir qu'il s'agissait d'une nouveauté pour l'industrie minière québécoise.

Quelques hypothèses peuvent être avancées pour expliquer la prévalence des accidents machines malgré la pratique en apparence répandue, des analyses des risques machines, tels que le suggèrent les résultats de cette étude exploratoire.

D'abord, le libellé de l'étude (*Étude des pratiques d'analyse des risques machines dans le secteur minier québécois*) aurait pu influencer les réponses des répondants. La plupart des répondants occupent des postes de direction ou sont des cadres intermédiaires et certaines des questions visaient directement ou indirectement leur propre travail. Par exemple, il aurait été étonnant qu'un surintendant ou un superviseur indique être en désaccord avec l'énoncé « *Au cours des 12 derniers mois, la sécurité des machines a été une préoccupation importante dans votre entreprise* ».

Ensuite, il est possible que certaines de ces entreprises utilisent bel et bien des outils d'analyse des risques machines, mais qu'elles ne maîtrisent pas complètement la démarche, ou qu'elles le fassent par obligation ou sans véritable conviction, comme l'ont remarqué Patterson et ses collaborateurs, [2010] de même que Lenné et ses collaborateurs [2012]. Rien dans le questionnaire ne permettait d'évaluer si la démarche était adéquate et rigoureuse. Baril-Gingras et ses collaborateurs [2010] affirment d'ailleurs que « l'identification des risques doit (...) s'appuyer sur une démarche systématique et des connaissances solides ».

Finalement, il est possible que les entreprises ayant participé au sondage ne soient pas représentatives de l'ensemble de l'industrie. Bien que le taux de réponse fut élevé pour ce type d'enquête, il est possible que ce soit surtout les entreprises les plus motivées par l'analyse des risques machines qui ont choisi de participer à l'étude.

5 CONCLUSION

Les statistiques d'accidents dans le secteur minier montrent que les machines sont responsables de nombreuses lésions graves et de décès partout dans le monde. Parmi l'arsenal de la prévention, l'analyse de risques machines est très certainement une approche pertinente pour ce secteur. Cette étude auprès de 11 intervenants en SST provenant de mines situées au Québec permet de constater que l'analyse des risques machines semble être une démarche largement répandue dans l'industrie minière québécoise. Toutefois, la proportion des accidents machines dans le bilan SST des entreprises minières demeure importante au Québec comme ailleurs. Il convient donc de se questionner sur la qualité des démarches d'analyse de risques qui sont mises en œuvre, ainsi que sur le niveau de connaissances des participants à ces analyses. Des recherches plus approfondies sur la qualité des démarches d'analyse de risques dans l'industrie minière au Québec sont donc nécessaires.

6 REFERENCES

Akdur, O., Ozkan, S., Durukan, P., Avsarogullari, L., Koyuncu, M., & Ikizceli, I. (2010). Machine-Related farm injuries in Turkey. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 17(1), 59-63.

- AMQ (2012). Association Minière du Québec, Rapport annuel 2011-2012, Québec: AMQ, 38pp.
- APSM. (2013). Extrait de <http://aspmine.qc.ca/qui-sommes-nous-association-paritaire-secteur-minier/apsm-en-bref-mission-objectifs/>
- Bahn, S. (2013). Workplace hazard identification and management: The case of an underground mining operation. *Safety Science*, 57(0), 129-137.
- Baril-Gingras, G., Montreuil, S., Fournier, P.-S., Laflamme, A.-M., et al. (2010). Organiser la prévention de manière systématique, dans tous les lieux de travail (pp. 137). Québec.
- Backström, T., & Döös, M. (2000). Problems with machine safeguards in automated installations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(6), 573-585.
- Bell, J. L., Gardner, L. I., & Landsittel, D. P. (2000). Slip and fall-related injuries in relation to environmental cold and work location in above-ground coal mining operations. *American Journal of Industrial Medicine*, 38(1), 40-48.
- US Bureau of Labor Statistics (2014) National Census of Fatal Occupational Injuries in 2013.
- Burgess-Limerick, R., & Steiner, L. (2006). Injuries associated with continuous miners, shuttle cars, load-haul-dump and personnel transport in New South Wales underground coal mines. *Mining Technology*, 115(4), 160-168.
- CSA. (2009). Z432-04 (C2009) - Protection des machines. Association canadienne de normalisation.
- CSST. (2005). Sécurité des machines : Tolérance zéro-Plan d'action Sécurité des machines. Extrait de http://www.csst.qc.ca/prevention/theme/securite_machines/Pages/accueil.aspx
- CSST (2006) Sécurité des machines; Phénomènes dangereux, Situation dangereuses, événements dangereux, Dommages, DC 900-337-1PDF (06-11).
- CSST (2013). Rapports d'enquête. Extrait de http://www.centredoc.csst.qc.ca/zones/?fn=showprofile&q=Nouveau_enquetes
- CSST (2014). Rapport annuel de gestion 2013.
- Dei Svaldi, D., Charpentier, P. (2004) Une étude des accidents en automatismes à partir de la base de données EPICEA, Hygiène et sécurité du travail - *Cahier de notes documentaires*, INRS - Institut National de Recherche et de Sécurité, ND 2216-196-04, pp. 53-73.
- Ducarme, J. P., Kwitowski, A. J., & Bartels, J. R. (2010). Operating speed assessments of underground mining equipment. *Mining Engineering*, 62(3), 39-45.
- Etherton, J., Main, B., Cloutier, D., & Christensen, W. (2008). Reducing risk on machinery: A field evaluation pilot study of risk assessment. *Risk Analysis*, 28(3), 711-721.
- ISO. (2010). 12100-1: 2010 Sécurité des machines-Principes généraux de conception-Appréciation des risques et réduction du risque, Association internationale de Normalisation, Genève.
- ISO. (2014). ISO 31000 Management du risque - Principes et lignes directrices. Association internationale de Normalisation, Genève.
- ISQ (2013) Institut de la statistique du Québec, Extrait de http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/referenc/quebec_stat/eco_min/eco_min_tab_1.htm
- Kecojevic, V., Komljenovic, D., Groves, W., & Radomsky, M. (2007). An analysis of equipment-related fatal accidents in U.S. mining operations: 1995-2005. *Safety Science*, 45(8), 864-874. doi: 10.1016/j.ssci.2006.08.024
- Kecojevic, V., & Radomsky, M. (2004). The causes and control of loader- and truck-related fatalities in surface mining operations. *Injury Control & Safety Promotion*, 11(4), 239-251. doi: 10.1080/156609704/233/289779
- Khanzode, V. V., Maiti, J., & Ray, P. K. (2011). A methodology for evaluation and monitoring of recurring hazards in underground coal mining. *Safety Science*, 49(8-9), 1172-1179.
- Komljenovic, D., & Kecojevic, V. (2007). Risk management programme for occupational safety and health in surface mining operations. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 7(5), 620-638.
- Lebeau, M., Duguay, P., & Boucher, A. (2011). Estimation des coûts des lésions professionnelles : Une étude de faisabilité dans le secteur minier Extrait de <http://www.irsst.qc.ca/publication-irsst-estimation-des-couts-des-lesions-professionnelles-etude-de-faisabilite-secteur-minier-r-717.html>
- Lenné, M. G., Salmon, P. M., Liu, C. C., & Trotter, M. (2012). A systems approach to accident causation in mining: An application of the HFACS method. *Accident Analysis and Prevention*, 48, 111-117.
- Lüken, K., Paridon, H., & Windemuth, D. (2006). Neutralisation des dispositifs de protection sur les machines un problème multidimensionnel, Extrait de [http://www.hst.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/HST_ND%202261/\\$File/ND2261.pdf](http://www.hst.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/HST_ND%202261/$File/ND2261.pdf)
- Main, B. W. (2004). Program Development-Risk Assessment: A Review of the Fundamental Principles. *Professional safety*, 49(12), 37-47.
- Md-Nor, Z., Kecojevic, V., Komljenovic, D., & Groves, W. (2008). Risk assessment for loader- and dozer-related fatal incidents in U.S. mining. *International Journal of Injury Control & Safety Promotion*, 15(2), 65-75.
- Md-Nor, Z. A., Kecojevic, V., & Komljenovic, D. (2008). Risk assessment for haul truck-related fatalities in mining. *Mining Engineering*, 60(3), 43-49.
- Moore, S. M., Porter, W. L., & Dempsey, P. G. (2009). Fall from equipment injuries in U.S. mining: Identification of specific research areas for future investigation. *Journal of Safety Research*, 40(6), 455-460.
- Onder, S. (2013). Evaluation of occupational injuries with lost days among opencast coal mine workers through logistic regression models. *Safety Science*, 59, 86-92.
- Patterson, J. M., & Shappell, S. A. (2010). Operator error and system deficiencies: Analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, 42(4), 1379-1385.
- Permana, H. (2012). Risk assessment as a strategy to prevent of mine accidents in Indonesian mining. *Revista Minelor/Mining Revue*, 18(4), 43-49.
- Poplin, G. S., Miller, H. B., Ranger-Moore, J., Bofinger, C. M., Kurzius-Spencer, M., Harris, R. B., & Burgess, J. L. (2008). International evaluation of injury rates in coal mining: A comparison of risk and compliance-based regulatory approaches. *Safety Science*, 46(8), 1196-1204.
- Pratt, S.G., Kisner, S.M., Helmkamp, J.C., (1996) Machinery-related occupational fatalities in the United States, 1980 to 1989. *JOEM* 38(1):70-76.

- Prudence, M., Magne, B., & Bente, E. M. (2009). Occupational injuries and fatalities in copper mining in Zambia. *Occupational Medicine*, 59(3), 191-194.
- Ruff, T., Coleman, P., Martini, L. (2011) Machine-related injuries in the US mining industry and priorities for safety research, *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, Vol. 18, No. 1, March 2011, p. 11–20.
- Tremblay, J.C. (2015) La gestion des risques machine en milieu hospitalier pour le personnel des services techniques, Essai de Maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières.