

Bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles

Yuvn Chinniah
Damien Burlet-Vienney
Benyamin Karimi
Barthélemy Aucourt

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1073



NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique [InfoIRSST](#)

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2019
ISBN : 978-2-89797-082-6
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
septembre 2019

Bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles

Yuvin Chinniah¹, Damien Bulet-Vienney²,
Benyamin Karimi¹, Barthélemy Aucourt¹

¹ Polytechnique Montréal

² IRSST

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1073



Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.



ÉVALUATION PAR DES PAIRS

Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous exprimons notre gratitude à tous les organismes et entreprises qui ont participé au projet, et à toutes les personnes qui ont été rencontrées. Sans leur collaboration, leur disponibilité et leur ouverture, la réalisation de cette activité de recherche n'aurait pas été possible.

Nous tenons ensuite à souligner la contribution des membres du comité de suivi paritaire mis en place par François Ouellet de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), pour leur participation aux orientations de la recherche et à la validation des résultats. Les membres du comité de suivi étaient : Claude Charlebois (Transcontinental), Elsa Dagenais (Via Prévention), Éric Deschênes et Henri Bernard (Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail), Julie Fennety et Safran Noël Boulet (MultiPrévention), Réjean Thivierge (Associations de la santé et de la sécurité des pâtes et papier et des industries de la forêt du Québec), Sylvain LeQuoc (Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur affaires sociales), Waguih Geadah et Patricia Vega (Association sectorielle – Fabrication d'équipement de transport et de machines).

L'équipe de recherche remercie l'IRSST pour le financement du projet et le soutien de son personnel, notamment Chantal Tellier. Nous remercions aussi Réal Bourbonnière (Consultation Réal Bourbonnière), Pascal Poisson (Intervention Prévention Inc.), et Patrick de Geyter (SISO Inc.) qui nous ont aidés lors du recrutement des entreprises.

SOMMAIRE

Pour favoriser l'avancement des connaissances sur le cadenassage et les autres méthodes de contrôles des énergies et ainsi soutenir le plan d'action de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), une thématique de recherche sur le cadenassage a été élaborée et mise en œuvre par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). La présente étude s'inscrit dans cette thématique de recherche.

Les travailleurs appelés à intervenir dans la zone dangereuse d'une machine pendant tout travail de type hors production (ex. maintenance, réparation) doivent appliquer une procédure de cadenassage ou à défaut une autre méthode de contrôle des énergies. La réglementation au Québec sur le sujet a été renforcée en janvier 2016. Des points additionnels, conformes à la norme canadienne CSA Z460 sur le cadenassage ont été incorporés dans le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST, art. 188.1 à 189.1) et le Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC, sous-section 2.20).

En 2015, la CNESST a révélé que près de quatre décès et 1 000 accidents ont lieu annuellement lors de tels travaux sur des machines mal ou non cadenassées. Par conséquent, l'objectif de cette étude était de faire un bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles dans différents secteurs d'activités et de développer un outil pour l'audit de l'application du cadenassage.

La méthodologie a été divisée en deux phases. Lors de la première phase, quatorze entreprises qui utilisent des équipements nécessitant l'application du cadenassage ont été visitées. Lors de chaque visite, une entrevue semi-dirigée avec des travailleurs et des membres de la direction a été menée par l'équipe de recherche à l'aide d'un guide d'entretien. En complément, les installations de l'entreprise ont été visitées et la documentation sur le cadenassage a été collectée. La simulation d'une procédure de cadenassage et d'alternative au cadenassage si existante a été observée lorsque possible. Dans la deuxième phase, un outil d'autodiagnostic spécifique à l'audit de l'application du cadenassage a été proposé après l'analyse des données issues de la littérature et des visites en entreprises. L'outil d'audit a été validé dans six entreprises et par les membres du comité de suivi du projet.

Globalement, les principes de base du cadenassage étaient maîtrisés par les entreprises visitées : (i) présence d'un programme de cadenassage, (ii) disponibilité de fiches de cadenassage, (iii) formation du personnel autorisé, (iv) disponibilité du matériel pour le cadenassage (ex. cadenas personnel) et (v) identification des dispositifs d'isolement. Les entreprises visitées avaient atteint un certain niveau de maturité sur le sujet. Ce n'était toutefois pas encore le cas pour les méthodes alternatives, un concept encore peu maîtrisé dans les entreprises.

Nos résultats montrent que le programme de cadenassage ne constitue pas toujours une mesure précise des pratiques de cadenassage en vigueur dans les organisations. En d'autres termes, l'étude a montré que la pratique du cadenassage était meilleure que celle expliquée dans les programmes de cadenassage pour la plupart des thèmes analysés.

Par ailleurs, quelques bonnes pratiques ont été identifiées telles que : (i) l'utilisation systématique d'une boîte de cadenassage afin de structurer la continuité du cadenassage, la supervision des sous-traitants et les audits, (ii) l'accessibilité des procédures de cadenassage en les plaçant à proximité de l'équipement ou dans un endroit prédéterminé et efficace et (iii) l'amélioration de la culture de sécurité par la formation des employés, l'organisation autour de responsables du cadenassage et la mise en place d'incitatif. Par ailleurs, la mise en place de dispositif d'isolement à proximité des machines et de voyants lumineux pour tester l'absence d'énergie électrique semble se généraliser.

Bien que les résultats obtenus soient encourageants, des améliorations notables sont encore souhaitables. En résumé, les principales lacunes observées ont été les suivantes : (i) des programmes de cadenassage parfois incomplets (audit, méthodes alternatives, appréciation du risque, formation et supervision des sous-traitants), (ii) une lecture aléatoire des fiches de cadenassage, (iii) des connaissances et une gestion en lien avec les méthodes alternatives insuffisantes (ex. absence de critères pour déterminer quand utiliser les méthodes alternatives, absence de procédures spécifiques, formation inexistante sur ce point), (v) l'absence d'appréciation du risque pour la sélection et la validation des méthodes alternatives au cadenassage, (vi) des insuffisances dans la supervision des sous-traitants et la coordination des rôles et responsabilités et enfin (vii) l'absence d'audit formel et documenté spécifique au cadenassage. Des recommandations ont été effectuées pour chacun de ces thèmes en se basant sur la normalisation canadienne.

Au final, la gestion et la documentation autour de la pratique du cadenassage ainsi que l'utilisation des méthodes alternatives peuvent être améliorées. Il s'agit de continuer à formaliser et à optimiser les systèmes de contrôle des énergies mis en place. Sur ce point, les résultats montrent que l'audit de l'application du cadenassage était encore déficient dans la plupart des entreprises. Il s'agit pourtant d'un élément essentiel de sensibilisation, de formation et d'amélioration continue des pratiques. L'outil d'autodiagnostic proposé pour auditer l'application du cadenassage assistera les entreprises dans cette démarche. L'outil proposé est original et spécifique au cadenassage. Il permet de vérifier à la fois la préparation du cadenassage avec un pré-audit et l'application des procédures en tant que telles.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE	III
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES	IX
LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XI
1. INTRODUCTION	1
2. ÉTAT DES CONNAISSANCES	5
2.1 Cadenassage.....	5
2.1.1 Contexte réglementaire et normatif.....	5
2.1.2 Programme de cadenassage et procédure	5
2.1.3 Difficultés liées à l'application du cadenassage	6
2.1.4 Éléments favorisant l'application du cadenassage.....	9
2.2 Autres méthodes de contrôle des énergies dangereuses.....	9
2.2.1 Contexte réglementaire et normatif.....	9
2.2.2 Qu'est-ce qu'une autre méthode de contrôle des énergies?	10
2.3 Audits	12
2.3.1 Contexte réglementaire et normatif.....	12
2.3.2 Difficultés liées à l'audit du cadenassage	13
3. OBJECTIFS DE RECHERCHE	15
4. MÉTHODOLOGIE	17
4.1 Phase 1 : Recrutement des entreprises	17
4.2 Phase 2 : Élaboration et validation d'un outil de cueillette de données	19
4.3 Phase 3 : Cueillette de données	20
4.4 Phase 4 : Analyse des données.....	21
4.5 Phase 5 : Développement et test d'un outil d'audit pour l'application du cadenassage	21
4.6 Gestion des données confidentielles.....	23
5. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	25
5.1 Programmes de cadenassage	25
5.2 Application du cadenassage	26
5.2.1 Non-application des procédures de cadenassage	26
5.2.2 Dispositifs d'isolement et dispositifs de cadenassage.....	26

5.2.3	Contenu et application des fiches de cadenassage	28
5.2.4	Gestion des cas spéciaux - continuité du cadenassage et retrait du cadenas.....	30
5.3	Autres méthodes de contrôle des énergies (alternatives au cadenassage).....	31
5.3.1	Concept dans les entreprises visitées	31
5.3.2	Méthodes alternatives utilisées dans les entreprises	32
5.3.3	Méthodes alternatives et appréciation du risque.....	35
5.3.4	Recommandations.....	35
5.4	Sous-traitance.....	36
5.5	Formation	38
6.	DEVELOPEMENT D'OUTIL D'AUDIT	41
6.1	Audit et inspection en entreprises	41
6.2	Proposition d'un outil d'autodiagnostic pour l'application du cadenassage.....	42
6.3	Limites et avenues de recherche	49
7.	CONCLUSION.....	51
	BIBLIOGRAPHIE	53
	ANNEXE A : GUIDE D'ENTREVUE	59
	ANNEXE B : FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT POUR LES ENTREVUES	73
	ANNEXE C : FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT POUR LE TEST DE L'OUTIL D'AUDIT	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Thèmes abordés dans les articles du RSST concernant le cadenassage et compléments d'information dans la norme canadienne CSA Z460-13 (Burllet-Vienney <i>et al.</i> , 2017)	3
Tableau 2.	Entreprises participantes au premier bloc de l'étude sur la pratique du cadenassage	18
Tableau 3.	Thèmes et sous-thèmes du guide d'entretien sur l'application du cadenassage	19
Tableau 4.	Entreprises participantes au test de l'outil d'audit développé pour l'application du cadenassage	22
Tableau 5.	Types de commentaires recherchés lors du test de l'outil d'audit proposé par l'équipe de recherche.....	23
Tableau 6.	Aperçu des éléments abordés dans les programmes de cadenassage des entreprises visitées	26
Tableau 7.	Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour les équipements et dispositifs de cadenassage	28
Tableau 8.	Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour les fiches de cadenassage	30
Tableau 9.	Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour la gestion des méthodes alternatives au cadenassage	36
Tableau 10.	Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour la gestion des sous-traitants	38
Tableau 11.	Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour la formation sur le cadenassage	40
Tableau 12.	Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour l'audit du cadenassage	42
Tableau 13.	Outil d'autodiagnostic (audit) - Instructions	43
Tableau 14.	Outil d'autodiagnostic (audit) - Pré-audit de l'application du cadenassage	44
Tableau 15.	Outil d'autodiagnostic (audit) - Audit de l'application du cadenassage	47
Tableau 16.	Questionnaire – Synthèse de la visite	59
Tableau 17.	Questionnaire – Documents récupérés	59
Tableau 18.	Questionnaire - Programme de cadenassage de l'organisme	60
Tableau 19.	Questionnaire - Application cadenassage	61
Tableau 20.	Questionnaire - Autres méthodes de contrôle des énergies	67
Tableau 21.	Questionnaire - Sous-traitance.....	69
Tableau 22.	Questionnaire - Formation et information	70
Tableau 23.	Questionnaire - Audit	71
Tableau 24.	Questionnaire - Divers	72

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Fiche de cadenassage sur une machine.....	29
Figure 2.	Exemples de méthodes alternatives basées sur l'utilisation du SCRS et d'un cadenas (ou l'équivalent) pour maintenir une commande d'arrêt.....	33
Figure 3.	Sectionneur rotatif avec un cadenas régulier laissé à disposition.....	34

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ANSI :	American National Standards Institute
ASSE :	American Society of Safety Engineers
CÉR :	Comité d'éthique de la recherche
CSA :	Canadian Standards Association
CSTC :	Code de sécurité pour les travaux de construction
CNESST :	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (anciennement CSST)
CVAC :	Chauffage, ventilation et air conditionné
ÉPI :	Équipement de protection individuelle
IEC :	International Electrotechnical Commission
INRS :	Institut national de recherche et de sécurité
IRSST :	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
ISO :	International Organization for Standardization
NFPA :	National Fire Protection Association
OSHA :	Occupational Safety and Health Administration
RSST :	Règlement sur la santé et la sécurité du travail
SCRS :	Système de commande relatif à la sécurité
SEMI :	Semiconductor Equipment and Materials Institute
SST :	Santé et sécurité du travail

1. INTRODUCTION

La CNESST a révélé que près de 4 décès et 1000 accidents ont eu lieu en moyenne annuellement au Québec entre 2010 et 2014, lors de travaux sur des machines où les énergies ont été mal ou non contrôlées. Ces lésions ont entraîné des débours annuels de près de 11 millions de dollars et une perte de 80 jours en moyenne par accident (Bernard *et al.*, 2016).

Pour favoriser l'avancement des connaissances sur le cadenassage et les autres méthodes de contrôles des énergies et soutenir le plan d'action de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), une thématique de recherche sur le cadenassage a été élaborée et mise en œuvre par l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). La présente étude s'inscrit dans cette thématique de recherche :

- Étude 1 : Analyse comparative des programmes et des procédures de cadenassage appliqués aux machines industrielles (Chinniah *et al.*, 2008).
 - Valorisation : Vérification du contenu d'un programme de cadenassage (Burlet-Vienney *et al.*, 2009).
- Étude 2 : Développement d'un outil d'observation et de suivi des procédures de cadenassage sur une presse à injection – Étude de faisabilité (Chinniah *et al.*, 2009).
- Étude 3 : Secteur des affaires municipales au Québec – Étude exploratoire sur le cadenassage (Chinniah *et al.*, 2012).
- Étude 4 : Implantation du cadenassage des équipements mobiles dans le secteur municipal : Étude exploratoire (Burlet-Vienney *et al.*, 2017).
 - Valorisation : Démarche de contrôle des énergies – Cadenassage et autres méthodes – Équipements mobiles (Burlet-Vienney *et al.*, 2018).
- Étude 5 : Bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles (présente étude).

Les travailleurs appelés à intervenir dans la zone dangereuse d'une machine pendant tout travail de type hors production¹ (ex. maintenance, réparation) doivent appliquer une procédure de cadenassage ou à défaut une autre méthode de contrôle des énergies. La réglementation au Québec sur le sujet a été renforcée le 14 janvier 2016. Des points additionnels, conformes à la norme canadienne CSA Z460 sur le cadenassage (Canadian Standards Association [CSA], 2013), ont été incorporés dans le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) et le Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC) (Gouvernement du Québec, 2019a, 2019b). Les mises à jour de la réglementation en matière de contrôle des énergies dangereuses incluent notamment :

¹ On entend par « interventions hors production » toutes les opérations s'apparentant à celles mentionnées dans l'article 188.2 du RSST pour lesquelles le cadenassage s'applique : montage, installation, ajustement, inspection, décoïnage, réglage, mise hors d'usage, entretien, désassemblage, nettoyage, maintenance, remise à neuf, réparation, modification ou déblocage.

- Développer une procédure de cadenassage pour chaque machine ou équipement et identifiant la machine, les sources d'énergie, le matériel de cadenassage et les étapes nécessaires pour contrôler l'énergie,
- Assurer une formation spécifique au cadenassage pour les travailleurs et vérifier leurs compétences,
- Gérer la sous-traitance et une responsabilité de l'employeur de superviser le travail confié à un autre employeur ou à un travailleur autonome,
- Avoir une procédure en cas d'oubli d'un cadenas sur une machine ou d'une clé qui est perdue,
- Avoir des méthodes alternatives au cadenassage lorsque ce dernier ne peut pas être appliqué en se basant sur des analyses de risque.

Les étapes du cadenassage doivent inclure (Gouvernement du Québec, art. 188.7, 2019a) :

1. « la désactivation et l'arrêt complet de la machine,
2. l'élimination ou, si cela est impossible, le contrôle de toute source d'énergie résiduelle ou emmagasinée,
3. le cadenassage des points de coupure des sources d'énergie de la machine,
4. la vérification du cadenassage par l'utilisation d'une ou de plusieurs techniques permettant d'atteindre le niveau d'efficacité le plus élevé,
5. le décadenassage et la remise en marche de la machine en toute sécurité. »

À titre indicatif, le chapitre 1 du rapport IRSST R-975 offre un portrait d'ensemble plus détaillé de la réglementation québécoise (Burllet-Vienney *et al.*, 2017). Aussi, le tableau 1 résume les thèmes abordés dans le RSST et les sections de la norme CSA Z460-13 complémentaires (CSA, 2013; Gouvernement du Québec, 2019a). Ces deux documents ont été le cadre de référence pour la présente étude. Il faut souligner qu'il existe quelques différences entre les deux documents (ex. contenu des fiches) et que le règlement est la référence du législateur.

Le cadenassage n'est donc plus la seule méthode autorisée pour les activités concernées dans la mesure où le niveau de sécurité de la méthode alternative utilisée est jugé équivalent, via une analyse de risque consignée, à celui obtenu en appliquant le cadenassage. Quelle que soit la méthode choisie, il devient obligatoire de réviser périodiquement les procédures utilisées. Les éléments inclus dans les procédures doivent également être détaillés (ex. identifier la machine, le matériel nécessaire, les étapes à suivre, les mesures permettant d'assurer la continuité de l'application de la méthode de contrôle des énergies).

Tableau 1. Thèmes abordés dans les articles du RSST concernant le cadenassage et compléments d'information dans la norme canadienne CSA Z460-13 (Burlet-Vienney et al., 2017)

Thème du RSST	Article du RSST	Complément d'information dans la CSA Z460-13
Définition	Art. 188.1	chap.3 Définition
Champ d'application	Art. 188.2 et 188.13	chap.1 Domaine d'application
Intervenant	Art. 188.3	s.7.3.3.8 Installation des dispositifs de cadenassage s.7.3.7 Processus de cadenassage reconnu
Méthode alternative	Art. 188.4	s.7.2 Méthode de maîtrise s.7.4 Autres méthodes de maîtrise des énergies dangereuses
Procédure en place	Art. 188.5	s.7.3.2.3 Fiches de maîtrise des énergies dangereuses
Contenu des procédures	Art. 188.6 et 188.7	s.7.3.2.4 Éléments des fiches de cadenassage s.5.2 Dispositifs d'isolement des sources d'énergie chap.6 Identification des tâches et des phénomènes dangereux
Formation	Art. 188.8	s.7.5 Communication et formation
Employeur ou travailleur autonome	Art. 188.9 et 188.10	s.7.3.6 Personnel d'un service externe
Registre des cadenas	Art. 188.11	s.7.3.2.6 Dispositifs et matériels de cadenassage connexe
Oubli d'un cadenas	Art. 188.12	s.7.3.5 Retrait des dispositifs de cadenassage et des étiquettes en l'absence de la personne autorisée

- Art. : article; chap. : chapitre; s : section

Ce rapport est divisé en sept chapitres. Le chapitre 1 a introduit le cadenassage et la réglementation québécoise dans les grandes lignes. Le chapitre 2 offre un état des connaissances sur l'application du cadenassage, les autres méthodes de contrôle des énergies et l'audit du cadenassage. Ce chapitre aborde notamment les problématiques liées à l'application du cadenassage. Le chapitre 3 détaille les objectifs de la recherche et le chapitre 4 aborde la méthode utilisée pour les atteindre. Les annexes fournissent des éléments méthodologiques complémentaires. Le chapitre 5 présente un bilan de la pratique du cadenassage dans les quatorze entreprises visitées. Le chapitre 6 propose un outil d'audit pour l'application du cadenassage. Enfin, le chapitre 7 conclut le rapport en abordant les recommandations et les retombées issues des résultats de recherche.

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Cette section est un état des connaissances orienté sur le cadenassage et son application dans l'industrie. Les méthodes alternatives au cadenassage ainsi que l'audit du cadenassage, deux thèmes fréquemment mentionnés comme problématiques, ont également été développés dans cette section. Les questionnements évoqués lors des précédents projets de recherche sur le cadenassage (Chinniah 2010, Chinniah et Burlet-Vienney, 2013; Poisson and Chinniah, 2015) ont guidé l'élaboration de l'outil de collecte de données utilisé lors de cette étude.

2.1 Cadenassage

2.1.1 Contexte réglementaire et normatif

Le RSST au Québec, tout comme l'*Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) aux États-Unis, contient les exigences minimales à respecter pour les activités hors production¹ sur des machines industrielles (Gouvernement du Québec, 2019a; OSHA Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout), 1989). Selon ces règlements, la sécurité de ces activités doit être assurée par le contrôle des énergies dangereuses (ex. électrique, pneumatique, hydraulique). La méthode privilégiée est le cadenassage, « une méthode de contrôle des énergies visant l'installation d'un cadenas à cléage unique sur un dispositif d'isolement d'une source d'énergie ou sur un autre dispositif permettant de contrôler les énergies, telle une boîte de cadenassage » (Gouvernement du Québec, 2019a). Cette technique permet aux travailleurs de s'assurer qu'aucune tierce personne ne démarrera l'équipement et qu'aucune énergie accumulée dans l'équipement ne se dégagera par inadvertance lors de l'intervention dans la zone dangereuse. Des normes canadiennes, américaines et internationales contiennent également des recommandations concernant le cadenassage comme les normes ANSI/ASSE Z244.1, CSA Z460, ISO 14118 (American National Standards Institute et American Society of Safety Engineers [ANSI/ASSE], 2016; CSA, 2013; International Organization for Standardization [ISO], 2000). Des guides ont également été publiés sur le sujet notamment par l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) (INRS, 2014, 2015). Comme cela a été mentionné en introduction, la réglementation québécoise sur le cadenassage a été renforcée en 2016. Le RSST est désormais proche des recommandations de la norme CSA Z460 (CSA, 2013) publiée une première fois en 2005 et utilisée comme référence dans de nombreux organismes au Québec.

2.1.2 Programme de cadenassage et procédure

Pour encadrer l'application du cadenassage et des autres méthodes de contrôle des énergies, il est recommandé de mettre en place un programme pour le contrôle des énergies souvent appelé « programme de cadenassage ». Ce programme établit la politique générale de l'entreprise pour le contrôle des énergies ainsi que les mesures pour son implantation. Les éléments à inclure sont détaillés entre autres dans les normes sur le cadenassage ainsi que dans le guide R-617 de l'IRSST (ANSI/ASSE Z244.1, 2016; Burlet-Vienney *et al.*, 2009; Chinniah, 2010; CSA Z460, 2013; Poisson and Chinniah, 2015).

Par ailleurs, l'élaboration de procédures de cadenassage permet de lister chacune des étapes à suivre pour cadenasser les différents équipements présents dans l'entreprise. Ces procédures doivent contenir selon le RSST (Gouvernement du Québec, art. 188.6, 2019a) :

1. « l'identification de la machine,
2. l'identification de la personne responsable de la méthode de contrôle des énergies,
3. l'identification et la localisation de tout dispositif de commande et de toute source d'énergie de la machine,
4. l'identification et la localisation de tout point de coupure de chaque source d'énergie de la machine,
5. le type et la quantité de matériel requis pour appliquer la méthode,
6. les étapes permettant de contrôler les énergies,
7. le cas échéant, les mesures visant à assurer la continuité de l'application de la méthode de contrôle des énergies lors d'une rotation de personnel, notamment le transfert du matériel requis;
8. le cas échéant, les particularités applicables tels la libération de l'énergie résiduelle ou emmagasinée, les équipements de protection individuels requis ou toute autre mesure de protection complémentaire. »

Toute procédure de cadenassage et de décadenassage doit être accessible en tout temps par les personnes autorisées à appliquer le cadenassage.

2.1.3 Difficultés liées à l'application du cadenassage

Les précédentes recherches dans le cadre de la thématique sur le cadenassage de l'IRSST indiquent que les entreprises de la province semblent effectivement éprouver des difficultés lors de l'implantation du cadenassage :

- Lors de l'analyse des accidents graves et mortels au Québec entre 1990 et 2011, Chinniah (2015) a identifié 106 rapports d'enquête de la CNESST liés à des pièces en mouvement sur de la machinerie industrielle fixe. L'analyse de ces rapports d'accidents a fait ressortir que près de 80 % des accidents sont survenus lors d'une activité régie par l'article 188.2 du RSST. De plus, 54 accidents (51 %) étaient liés à l'absence de cadenassage ou à une méthode de contrôle des énergies déficiente. Pour 23 accidents (22 %), le travailleur n'était pas seul et l'intervention d'un autre travailleur a contribué à causer l'accident. L'étude a également révélé qu'avoir un programme de cadenassage ne signifie pas que les procédures de cadenassage sont appliquées.
- Chinniah *et al.* (2008) ont démontré que les programmes de cadenassage dans une trentaine d'entreprises dans divers secteurs au Québec contenaient d'importantes lacunes. Les principaux points non abordés dans ces programmes étaient : l'audit des programmes, l'audit de l'application du programme et les méthodes alternatives au cadenassage. Dans les programmes de cadenassage des petites entreprises, il y avait

également des manques concernant : les dispositions à prendre pour assurer la continuité du cadenassage, la gestion des services externes, la formation et la communication. Certains programmes n'abordaient pas des éléments fondamentaux du cadenassage comme l'isolement et la dissipation des énergies résiduelles. De plus, il a été constaté que, malgré l'obligation réglementaire d'appliquer le cadenassage durant les activités de type hors production, seulement 14 % des petites entreprises, 41 % des moyennes entreprises et 29 % des grandes entreprises affirmaient appliquer le cadenassage pour ces activités à l'époque.

- Chinniah *et al.* (2012) ont démontré que le cadenassage était en phase d'implantation dans le secteur des affaires municipales au Québec en 2012. Les programmes de cadenassage des municipalités visitées étaient relativement complets, mais des questionnements et des points problématiques ont été soulevés. La gestion de la résistance au changement, la sous-traitance et la structure même des municipalités ainsi que la nature de leurs activités semblaient poser des difficultés. En effet, l'indépendance des services rendait l'harmonisation de la pratique du cadenassage difficile. De plus, entre le travail isolé, le travail à l'extérieur et le travail en atelier, les conditions étaient très variées et présentaient une difficulté supplémentaire pour l'organisation du cadenassage (ex. : localisation des fiches). Des difficultés techniques ont été rapportées dans ce secteur. Les vannes de rues étaient difficilement cadenassables à cause d'un manque de standardisation, de la présence de glace et de l'absence de repère pour savoir si les vannes sont ouvertes ou fermées. Il y avait également des défis liés aux équipements contrôlés à distance ainsi qu'aux alimentations de secours (c.-à-d. génératrices) mises en place pour assurer en permanence des services essentiels à la population. Lors de cette étude sur le cadenassage dans les municipalités, l'équipe de recherche avait également démontré que les équipements mobiles étaient rarement inclus dans les programmes de cadenassage alors qu'ils étaient à l'origine de la majorité des accidents en lien avec la maîtrise des énergies dangereuses. Une étude sur le cadenassage des équipements mobiles a ainsi été financée et publiée par l'IRSST (Burlet-Vienney *et al.*, 2017, 2018).
- D'autres lacunes dans l'application du cadenassage ont été observées au cours d'une étude dans le secteur des scieries au Québec (Poisson et Chinniah, 2015, 2016). La collecte de données a eu lieu dans huit scieries et les chercheurs ont analysé l'application de 57 procédures de cadenassage et de sept programmes. Les difficultés ou lacunes identifiées ont été les suivantes :
 - Les fiches de cadenassage n'étaient pas utilisées par les travailleurs, surtout lorsqu'il n'y a qu'une ou deux sources d'énergie à isoler, augmentant ainsi le risque d'erreur humaine (ex. : oubli d'une étape, isolation de la mauvaise source d'énergie),
 - L'étape de vérification de l'absence d'énergie n'était pas effectuée,
 - La remise en service était effectuée sans vérification préalable de l'absence de travailleurs dans la zone dangereuse,
 - Les travailleurs impliqués lors d'interventions nécessitant la présence d'énergie n'appliquaient pas de cadenassage,

- L'audit du cadenassage n'était pas mené, ce qui pouvait expliquer les déviations par rapport aux procédures écrites,
- De façon générale, les programmes de cadenassage devaient être améliorés du point de vue des méthodes de cadenassage et de remise en service.

La problématique liée au cadenassage est présente également en dehors du Québec :

- En Ontario, en 2013, 17 % des dérogations adressées aux employeurs par le ministère du Travail étaient attribuables à des infractions en lien avec le cadenassage et la protection des pièces en mouvement (Ontario Ministry of Labor, 2016).
- Aux États-Unis, Bulzachelli *et al.* (2008) ont analysé 592 rapports d'accident liés au cadenassage ayant eu lieu aux États-Unis, entre 1984 et 1997, 1997 étant la dernière année pour laquelle étaient disponibles des rapports électroniques dans la base de données de l'*Integrated Management Information System* (IMIS) de l'OSHA. Dans 6 % des cas (38/592 rapports), l'accident a eu lieu malgré l'application d'une procédure de cadenassage. Il est intéressant de noter que, parmi ces 38 accidents, la cause est une erreur humaine dans 82 % des cas, et d'origine matérielle pour les autres cas (défaillance mécanique). Dans près de 60 % des cas, aucun cadenassage n'était effectué.
- De son côté, Parker *et al.* (2016) ont démontré lors d'une étude en lien avec les audits en sécurité des machines aux États-Unis que seulement 8 % des 160 petites entreprises qu'ils ont auditées au début de leur étude se conformaient aux exigences relatives au cadenassage. D'ailleurs, le cadenassage était la 5e catégorie la plus citée par l'OSHA dans ses rapports en 2015 et 2016. Au cours de ces deux années, respectivement 3 585 et 3 308 dérogations relativement au cadenassage ont été délivrées (OSHA, 2016; OSHA, 2015). Les rapports des inspecteurs de l'OSHA indiquent notamment (i) l'absence de procédures de cadenassage, (ii) un manque de formation et de communication sur les procédures de cadenassage, et (iii) des audits et des inspections périodiques sur les procédures de cadenassage déficients (OSHA, 2015).
- En France, l'INRS a conduit une analyse d'accidents mortels hors production survenus entre 1998 et 2007 (Blaise et Welitz, 2010). En classant les accidents par facteur de risque (humain, technique, organisationnel), 69 % des accidents sont dus à un problème au niveau organisationnel. Le facteur de risque organisationnel correspond principalement au respect des procédures, en particulier des procédures de cadenassage. Shaw (2010) a montré que l'absence de cadenassage est un facteur important dans les accidents machines au Royaume-Uni. Selon cette étude, environ 30 % des accidents analysés auraient pu être évités si la machine avait été correctement isolée de ses sources d'énergie.

2.1.4 Éléments favorisant l'application du cadenassage

Malgré les difficultés documentées sur le cadenassage, des éléments favorisant son application ont aussi été répertoriés (Poisson et Chinniah, 2015, 2016). Les principaux éléments identifiés ont été :

- L'engagement actif et visible des membres de la direction envers le cadenassage,
- La responsabilisation des travailleurs à suivre les étapes des procédures de cadenassage,
- L'accessibilité et la proximité du matériel de cadenassage par rapport à l'équipement à cadenasser,
- L'accessibilité des dispositifs d'isolement des sources d'énergie,
- La simplicité des procédures les rend plus rapides et réduit la tentation de ne pas les appliquer,
- L'encouragement et la prise en compte des commentaires des travailleurs pour améliorer les procédures,
- La participation des travailleurs dans le développement des procédures,
- La formation adaptée aux travailleurs et à l'entreprise,
- Les sanctions disciplinaires progressives et la non-tolérance à la non-application du cadenassage,
- La mise en place d'un processus efficace d'audit et de retour d'expérience.

2.2 Autres méthodes de contrôle des énergies dangereuses

2.2.1 Contexte réglementaire et normatif

Comme nous l'avons vu précédemment, le RSST ainsi que les règlements et normes nord-américains considèrent que le cadenassage est la méthode à privilégier pour contrôler les énergies dangereuses (ANSI/ASSE, 2016; CSA, 2013; Gouvernement du Québec, 2019a; OSHA, 1989). Toutefois, conscients qu'en pratique les situations ne se prêtent pas toujours à la pratique du cadenassage, les organismes de réglementation et de normalisation permettent d'utiliser une autre méthode de contrôle des énergies sous certaines conditions. La norme CSA Z460 (2013) indique que les tâches appropriées aux autres méthodes de contrôle des énergies sont des tâches considérées comme partie intégrante d'un processus de production. Ces tâches doivent présenter la plupart des caractéristiques suivantes :

- a. « Être de courte durée,
- b. Être d'envergure relativement mineure,
- c. Se produire fréquemment au cours du quart de travail ou de la journée de production,

- d. Être généralement exécutées par des opérateurs, les personnes chargées des réglages et le personnel d'entretien,
- e. Représenter des activités cycliques prédéterminées,
- f. Interrompre le moins possible le fonctionnement du processus de production,
- g. Être nécessaires même lorsque les niveaux d'exploitation optimaux sont atteints ; et exiger du personnel une formation particulière. »

Dans le RSST à l'article 188.4, tout comme dans les normes de référence, le choix de la méthode alternative au cadenassage doit se baser sur une appréciation du risque afin de « s'assurer de la sécurité équivalente de cette méthode » par rapport au cadenassage (ANSI/ASSE, 2016; CSA, 2013; Gouvernement du Québec, art. 188.4, 2019a). L'appréciation du risque est présentée notamment dans les normes ANSI/ASSE Z10, ANSI B11.0, ISO 12100, ISO/IEC 31010 et SEMI S10 (ANSI/ASSE, 2012; ANSI/ASSE, 2015; ISO, 2010; ISO/International Electrotechnical Commission [IEC], 2009; Semiconductor Equipment and Materials Institute [SEMI], 2010). Selon la norme ISO 12100 (ISO, 2010), l'appréciation du risque comprend une analyse du risque suivie d'une évaluation du risque. Faire une analyse du risque sur un équipement signifie : (i) déterminer les limites de l'équipement, (ii) identifier tous les phénomènes dangereux et (iii) estimer le risque. Les paramètres d'une estimation du risque sont la gravité du dommage et la probabilité d'occurrence du dommage. Une fois le risque estimé pour chaque situation dangereuse, le groupe de travail faisant l'analyse devra juger si les objectifs de réduction du risque sont atteints. C'est l'évaluation du risque. Si le risque est évalué non acceptable, alors des mesures de réduction du risque devront être choisies et mises en place et le risque à nouveau évalué. Le processus est itératif. Le RSST exige que toute la démarche soit documentée, en adéquation avec les recommandations de la norme CSA Z460 (CSA, 2013).

Il convient de mentionner que l'appréciation du risque reste malgré tout un processus subjectif qui repose sur l'opinion, la connaissance et le jugement de l'analyste (ou des personnes). Ainsi, plusieurs études ont proposé des méthodes ou des règles de construction pour les outils d'estimation du risque afin de réduire cette subjectivité (Aneziris *et al.*, 2013; Chinniah *et al.*, 2018; Duijm, 2015; Gauthier *et al.*, 2016; Gauthier *et al.*, 2018). Le principe de « sécurité équivalente » au cadenassage mentionné dans l'article 188.4 du RSST reste toutefois une notion difficile à valider.

2.2.2 Qu'est-ce qu'une autre méthode de contrôle des énergies?

Tout comme en sécurité des machines, lors du choix de la méthode alternative au cadenassage, différentes solutions doivent être envisagées par ordre décroissant d'efficacité : (i) suppression ou réduction du risque par conception, (ii) utilisation de protecteurs et dispositifs de verrouillage, (iii) utilisation de dispositifs de protection, (iv) utilisation d'équipements de protection individuelle (ÉPI) et (v) avertissement, instructions et formation (Chinniah *et al.*, 2007; CSA, 2016; ISO, 2010; Manuele, 2005; Zoubek, 2015). Pour s'assurer de l'efficacité de la méthode alternative choisie, il est notamment conseillé d'utiliser : i) les résultats de l'appréciation du risque basée sur les tâches à effectuer, (ii) les meilleures pratiques de l'industrie, (iii) une conception et des composants éprouvés, (iv) l'analyse des défaillances de cause commune et des facteurs environnementaux, (v) la validation des systèmes de

commande, vi) les principes de résistance au contournement, vii) des essais périodiques et (ix) un examen par une personne qualifiée (ANSI/ASSE, 2016). Par exemple, lorsqu'un dispositif de protection est utilisé comme méthode de contrôle des énergies, l'utilisateur doit s'assurer de la fiabilité des parties des systèmes de contrôle relatives à la sécurité (ISO, 2015).

Les rares études sur les méthodes alternatives ou autres méthodes de contrôle des énergies sont limitées à un secteur précis, une tâche précise, un équipement ou même une méthode précise :

- Poisson et Chinniah (2015, 2016) ont observé des méthodes de contrôle des énergies dangereuses dans des scieries. Ce secteur fonctionne beaucoup par permis de travail qui permettent d'exempter l'application du cadenassage pour certaines tâches. Des outils spéciaux pour éloigner le travailleur de la zone dangereuse, par exemple, sont utilisés. Cependant, aucune analyse de risque n'était effectuée au préalable pour s'assurer de l'absence d'autres risques.
- Selon Burlet-Vienney *et al.* (2017), l'utilisation de méthode alternative au cadenassage peut être courante pour les équipements mobiles notamment dans les situations suivantes :
 - « Besoin d'une source d'énergie pour effectuer la tâche en étant dans la zone dangereuse. Cela concerne notamment les opérations de diagnostic, de vérification ou de déblocage. Dans ces situations, il peut être nécessaire que des parties de l'équipement soient en mouvement alors que l'intervenant est à proximité. Une intervention à deux travailleurs dans ce genre de cas induit un risque supplémentaire,
 - Intervention mineure de courte durée en atelier. Cela concerne notamment les interventions du type changement d'essuie-glace, remplacement d'ampoule de phare et inspection visuelle,
 - Intervention de continuité de production hors atelier fréquente et de courte durée. Lorsqu'une intervention hors production est nécessaire sur un équipement mobile situé sur le terrain, les intervenants rencontrés privilégient un rappel de l'équipement en atelier. Toutefois, dans certains cas précis, il n'est pas raisonnablement possible de revenir en atelier. C'est le cas notamment des tables de soufflage à neige qui se bloquent plusieurs fois par quart de travail (ex. : tambour ou tarière). Pour assurer la continuité de la production, il faut intervenir directement sur le terrain (ex. déblocage de la chute à neige, changement des boulons de sécurité associés à la tarière). »
- Chinniah *et al.* (2014) ont analysé la sécurité des presses à injection de plastique horizontales ayant des équipements périphériques. Deux méthodes alternatives de contrôle des énergies ont été observées : le cadenassage partiel et l'utilisation de fonctions de sécurité pour accéder à la zone du moule. Le cadenassage partiel correspond au contrôle d'une partie des énergies présente sur la machine (ex. fermeture du moule). La seconde méthode recensée consiste en l'utilisation de dispositifs de protection en place pour la production : garder ouvert un protecteur mobile avec un dispositif de verrouillage, utiliser un tapis sensible ou encore maintenir enclenché un bouton d'arrêt d'urgence.

- L'article 189.1² du RSST est un exemple détaillé d'une autre méthode de contrôle des énergies basé sur le système de commande. Une étude qualitative en lien avec cet article a été réalisée sur 15 machines dans neuf entreprises (Chinniah *et al.*, 2017). L'étude a montré que les entreprises rencontraient des difficultés dans la mise en œuvre de cet article : (i) il faut modifier la machine dans certains cas, (ii) les travailleurs qui effectuaient les tâches dans la zone de danger n'utilisaient pas de mode de commande spécifique (iii) un niveau de connaissances des travailleurs déficient, (iv) le manque de détail dans la réglementation et (v) une analyse du risque déficiente. La notion de vitesse et d'efforts réduits a été détaillée dans cette étude.

2.3 Audits

2.3.1 Contexte réglementaire et normatif

Le cadenassage est principalement basé sur l'application de procédures. Tel que suggéré dans les normes en gestion de la santé et sécurité du travail (SST) (ex. : CSA Z1000, 2006), l'audit (ou revue) est le moyen à préconiser pour s'assurer que les méthodes de travail sécuritaires sont appliquées et corriger les problématiques et les non-conformités (Brown, 2003; Kelley, 2001). Le processus d'audit implique généralement trois étapes (Crow et Aeiker, 2013; Wright, 2003) : (i) la préparation de l'audit (ex. : définition de la méthode, des critères, des cibles, de la logistique), (ii) l'audit en tant que tel (ex. observations, revue des documents, entrevues, consultation des registres) et (iii) le suivi de l'audit avec l'analyse des données, l'archivage des non-conformités et la mise en place d'actions correctives.

D'un point de vue réglementaire, le RSST (art. 188.5) stipule que : « les procédures doivent être révisées périodiquement, notamment chaque fois qu'une machine est modifiée ou qu'une défaillance est signalée, de manière à s'assurer que la méthode de contrôle des énergies demeure efficace et sécuritaire. » (Gouvernement du Québec, 2019a). La norme CSA Z460-13 (2013) va un peu plus loin. Il est notamment recommandé de réviser le programme de contrôle des énergies en lui-même aux trois ans, les procédures (fiches) de cadenassage annuellement et l'application du cadenassage (matériel, dispositif d'isolement, formation des intervenants) périodiquement. Concernant l'application des procédures, la norme stipule : « L'utilisateur devrait déterminer la fréquence des activités de surveillance (p. ex., chaque mois) et la taille d'un échantillon représentatif aux fins de vérification de la mise en application des fiches particulières de maîtrise des énergies dangereuses. Les audits d'efficacité de la mise en application devraient être menés au hasard et viser tous les quarts de travail et jours d'activités, tous les groupes fonctionnels, toutes les situations de travail inhabituelles de même que des

² « Lorsqu'une personne effectue un travail de réglage, d'apprentissage, de recherche de défauts ou de nettoyage nécessitant de déplacer ou de retirer un protecteur, ou de neutraliser un dispositif de protection dans la zone dangereuse d'une machine qui doit demeurer, en totalité ou en partie, en marche, celle-ci doit être munie d'un mode de commande spécifique dont l'enclenchement doit rendre tous les autres modes de commande de la machine inopérants et permettre :

1° soit le fonctionnement des éléments dangereux de la machine uniquement par l'utilisation d'un dispositif de commande nécessitant une action maintenue ou d'un dispositif de commande bimanuelle, ou par l'action continue d'un dispositif de validation;

2° soit le fonctionnement de la machine uniquement dans des conditions où les pièces en mouvement ne présentent aucun danger pour la santé, la sécurité ou l'intégrité physique des personnes ayant accès à la zone dangereuse, par exemple, à vitesse réduite, à effort réduit, pas à pas ou au moyen d'un dispositif de commande de marche par à-coups. » (Gouvernement du Québec, 189.1, 2019a).

membres particuliers du personnel. Des employés compétents devraient procéder à l'observation de personnes autorisées effectuant des tâches particulières de maîtrise des énergies dangereuses, et leurs constats devraient inclure les commentaires transmis aux personnes autorisées, leurs conclusions documentées et leurs recommandations en matière d'amélioration. » (CSA, 2013).

2.3.2 Difficultés liées à l'audit du cadenassage

L'audit du cadenassage n'est actuellement pas formellement mis en place dans de nombreuses entreprises au Québec si l'on se fie aux études menées précédemment à l'IRSST et à Polytechnique Montréal (Chinniah *et al.*, 2008; Chinniah *et al.*, 2012; Poisson et Chinniah, 2015). De même, les activités d'audit et de formation font partie des principaux éléments cités parmi les problèmes observés par les inspecteurs du travail aux États-Unis concernant l'application du règlement OSHA sur le cadenassage (OSHA, 2015). Il semble donc exister un besoin à ce niveau afin que l'audit de l'application du cadenassage soit implanté plus systématiquement en entreprises.

Dans la littérature, l'audit du cadenassage est notamment abordé par Daoust (2003) et Kelley (2001). Leurs recommandations vont dans le sens des normes CSA et ANSI/ASSE sur le sujet (ANSI/ASSE, 2016; CSA, 2013). Daoust (2003) propose d'auditer (i) le système de cadenassage et (ii) l'application du cadenassage en tant que tel.

Grund (1995) précise que l'implantation du cadenassage ne suffit pas et que la vigilance des entreprises est importante pour s'assurer que : (i) les procédures de cadenassage sont adéquates, efficaces et utilisées; et (ii) les employés sont formés à réagir à des situations inhabituelles en évitant l'improvisation d'une méthode de travail dangereuse, temporaire et rapide.

Bahr (2015) mentionne que la fréquence des audits et des inspections peut varier d'une industrie à une autre, dépendant de la maturité de l'industrie, la complexité de la technologie et du niveau de risque de l'environnement. Les audits peuvent être planifiés ou non. Les audits non planifiés ont l'avantage d'être plus transparents. L'objectif de l'audit doit être défini préalablement.

Des outils d'autodiagnostic pour les programmes de cadenassage (Burllet-Vienney *et al.*, 2009; Yamin *et al.*, 2017) sont disponibles dans la littérature. Les outils pour auditer l'application du cadenassage semblent toutefois faire défaut.

3. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'état des connaissances à la section précédente a fait ressortir un certain nombre de problématiques liées à l'application du cadenassage : gestion de l'étape de vérification de la procédure, mise en place de méthodes alternatives lors d'activités de déblocage de réparation, gestion de la sous-traitance, mise en place d'audits. Il reste donc à savoir comment ces situations sont gérées concrètement dans les entreprises. Par conséquent, l'objectif principal de cette étude est de faire un bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles.

L'étude est divisée en deux blocs avec les objectifs spécifiques sous-jacents suivants :

Bloc 1 : Application du cadenassage

1. Documenter les éléments ayant été identifiés comme problématiques pour l'application du cadenassage lors des précédentes études (cf. sections 2.1 à 2.3; Bulet-Vienney *et al.*, 2017; Chinniah, 2015; Chinniah *et al.*, 2008; Chinniah *et al.*, 2012; Poisson et Chinniah, 2015; Poisson et Chinniah, 2016; Parker, 2016). Une attention particulière sera portée aux audits. D'autres éléments problématiques lors de l'application du cadenassage pourront également être identifiés.
2. Recenser les solutions techniques et organisationnelles mises en place par les entreprises pour faire face aux différentes problématiques rencontrées. La façon dont les méthodes alternatives au cadenassage sont gérées par les entreprises sera incluse dans l'étude.

Bloc 2 : Audit du cadenassage

3. Développer et tester un outil pour l'audit de l'application du cadenassage.

4. MÉTHODOLOGIE

Pour répondre aux objectifs fixés, l'activité de recherche a été basée sur des visites en entreprises (entrevues semi-dirigées et visite de lieu). Ainsi, la méthodologie de l'étude peut être décomposée en cinq phases : (i) le recrutement des entreprises, (ii) le développement de l'outil de collecte de données, (iii) les visites en entreprises, (iv) l'analyse des données et (v) le développement et le test d'un outil d'audit pour l'application du cadenassage. Ces cinq phases sont décrites dans cette section. La gestion des données confidentielles est également détaillée à la fin de cette section.

4.1 Phase 1 : Recrutement des entreprises

Afin de documenter les difficultés ainsi que les bonnes pratiques lors de l'application du cadenassage en entreprises au Québec, un retour d'expérience dans une quinzaine d'entreprises œuvrant dans différents secteurs d'activité était visé lors de cette activité de recherche. Les secteurs d'activité ciblés avec les partenaires ont été le secteur manufacturier (c.-à-d. fabrication de produits en métal, électrique, en plastique, d'équipements et l'imprimerie), le secteur du traitement des déchets et du triage et celui des affaires sociales. Le nombre d'entreprises à visiter (15) a été basé sur le principe de saturation (Gillham, 2000). Le principe est que la collecte de données est arrêtée lorsque les informations recueillies dans les différentes situations deviennent répétitives. D'après nos projets antérieurs (Chinniah *et al.*, 2016; Chinniah *et al.*, 2012), le nombre de 15 visites est un bon compromis entre l'aspect prospectif de cette activité et la volonté de documenter des pratiques dans plusieurs secteurs d'activités.

Pour cette étude, une méthode d'échantillonnage par jugement a été utilisée. Cette méthode implique que l'équipe de recherche constitue l'échantillon qui lui permet d'atteindre les objectifs fixés (Statistique Canada, 2013). Ils identifient et sélectionnent les participants qui ont une base de connaissances riche sur un phénomène d'intérêt et qui ont la volonté de participer (Palinkas *et al.*, 2015). Cette technique est largement utilisée dans les études de nature qualitative pour l'identification et la sélection d'unités lorsque les ressources sont limitées. La priorité est de collecter le plus de données possible sur un nombre limité de cas (Bricki et Green, 2007; Palinkas *et al.*, 2015; Patton, 2005). La qualité des données collectées est accrue par des intervieweurs d'expérience et une technique d'entretien appropriée, telle que des entretiens semi-structurés (Bricki et Green, 2007; Patton, 2005). Lors de cette étude, la sélection des entreprises participantes a été basée sur les critères suivants :

1. Tout d'abord, l'entreprise ou organisme devait avoir un programme de cadenassage en place afin de pouvoir échanger sur les problématiques reliées à son implantation et son application. Ce programme de cadenassage devait être en application effective depuis au moins deux ans afin de s'assurer que l'entreprise ait un certain recul sur son programme et ses pratiques (ex., ajustements apportés). Cela permet à l'équipe de recherche de s'assurer d'un retour d'expérience riche. Par ailleurs, ce critère a été établi ainsi, car il est assez facile à vérifier lors du recrutement.
2. Idéalement, l'entreprise devait faire appel à de la sous-traitance, utiliser des alternatives au cadenassage, et avoir déjà mené un audit de son programme de cadenassage et de son application.

Les entreprises participantes ont été contactées à travers le réseau des membres de l'équipe de recherche. Les membres du comité de suivi ont également fourni des contacts. La préparation des visites s'est déroulée selon les éléments suivants (Laforest et Rainville, 2011; Gillham, 2000) :

1. Lors du processus de recrutement, le guide d'entretien (questionnaire) et la lettre d'information et de consentement (issue du certificat d'éthique) ont été communiqués à la personne désignée de l'entreprise. Ces documents sont disponibles respectivement aux annexes A et B. Ces documents permettent de clarifier le déroulement et la teneur de la visite ainsi que les aspects de confidentialité.
2. Avant la visite, lorsque cela était possible, les entreprises devaient transmettre leur programme de cadenassage. Cela permettait aux chercheurs d'anticiper le contenu des rencontres et de favoriser les échanges.
3. En fonction des disponibilités, la rencontre avait lieu en présence de 2 à 4 personnes de l'entreprise. Le but était d'impliquer à la fois la direction et les travailleurs incluant le personnel de maintenance afin d'obtenir les perceptions des différents acteurs. Les travailleurs étaient choisis par les gestionnaires et parmi ceux qui font du cadenassage.
4. La possibilité d'enregistrement des entrevues et de prise de photos lors de la visite des postes de cadenassage était établie lors du processus de recrutement et de préparation.

Au total, 14 entreprises au Québec ont été visitées sur un objectif initial de 15 (tableau 2). Ce nombre s'est avéré suffisant d'après le principe de saturation, car les données devenaient redondantes pour les dernières entreprises.

Tableau 2. Entreprises participantes au premier bloc de l'étude sur la pratique du cadenassage

Entreprise	Secteur	Taille (Nombre d'employés : <100; <500; ≥500)	Comité santé- sécurité	Nombre d'équipements (approx.)
A	Chimique	<100	Oui	125
B	Chimique	<100	Non	50
C	Agroalimentaire	<500	Oui	1000
D	Pâtes et papiers	<500	Oui	4000
E	Plastique	<500	Oui	200
F	Agroalimentaire	<500	Oui	500
G	Plastique	<100	Oui	100
H	Fabrication	<500	Oui	800
I	Recyclage	<100	Oui	6
J	Imprimerie	<500	Oui	100
K	Horticulture et agriculture	<500	Oui	50
L	Aérospatiale	>500	Oui	1300
M	Santé	>500	Oui	450
N	Santé	>500	Oui	200

4.2 Phase 2 : Élaboration et validation d'un outil de cueillette de données

Une entrevue semi-dirigée sur la pratique du cadenassage a été menée dans chacune des entreprises participantes à l'aide d'un guide d'entretien. Selon Laforest et Rainville (2011), « l'entrevue semi-dirigée est une méthode qui permet de recueillir de l'information qualitative. L'entretien peut être utilisé pour explorer une situation particulière ou pour compléter et valider une information provenant d'autres sources utilisées dans un diagnostic. »

Le guide d'entretien (questionnaire) développé pour cette étude est disponible à l'annexe A (tableau 16 à tableau 24). Il a été basé sur les exigences réglementaires au Québec (Gouvernement du Québec, 2019a) et la norme canadienne CSA Z460 (CSA, 2013). Les travaux menés lors d'une étude antérieure sur l'implantation du cadenassage dans le secteur municipal (Chinniah *et al.*, 2012) et des scieries (Poisson et Chinniah, 2015, 2016) ont également été utilisés afin d'aborder les difficultés anticipées lors de l'application du cadenassage. Au final, six thèmes principaux étaient abordés dans le guide : (i) le programme de cadenassage, (ii) l'application du cadenassage, (iii) les autres méthodes de contrôle des énergies dangereuses, (iv) la gestion des sous-traitants, (v) la formation et (vi) les audits et inspections. Le tableau 3 présente une synthèse du guide d'entretien avec les thèmes, les sous-thèmes, le nombre de questions et les références réglementaires.

Tableau 3. Thèmes et sous-thèmes du guide d'entretien sur l'application du cadenassage

Thème	Sous-thèmes	N ^{bre} de questions	Références réglementaires
Programme de cadenassage	Élaboration et contenu du programme	9	RSST, art. 188 §1.1.
	Utilisation du programme. Changements réglementaires de 2016.	7	
Application du cadenassage	Équipements et tâches ciblés. Employés concernés	11	RSST, art. 188.2
	Élaboration, contenu et application des procédures de cadenassage.	15	RSST, art. 188.1, art. 188.3, 188.5, 188.6, 188.7
	Matériel pour le cadenassage et principes d'utilisation	10	RSST, art. 188.11
	Gestion des cas spécifiques (ex. changement d'équipe, retrait d'un cadenas en l'absence de la personne autorisée)	8	RSST, art. 188.12
Autres méthodes de contrôle des énergies	Non-application des procédures de cadenassage	3	
	Autres méthodes de contrôle prévues et contexte d'utilisation. Gestion de ces méthodes (ex. analyse de risque).	14	RSST, art. 188.2, 188.4, 188.5, 189.1
Gestion des sous-traitants	Suivi et encadrement des activités des sous-traitants.	10	RSST, art. 188.9, 188.10
Formation	Personnel formé. Exigences de formation et contenu de formation. Documentation et suivi.	11	RSST, art. 188.8
Audit/Inspection	Audit du programme de cadenassage, des procédures de cadenassage et de l'application	10	RSST, art. 188.5

Le contenu du guide a été validé au cours des deux premières visites en entreprises ainsi que par les membres du comité de suivi. Le personnel de recherche a recueilli les commentaires des personnes interrogées sur le contenu, le format et la clarté des questions. Des ajustements mineurs ont été effectués comme la reformulation de questions ambiguës, la suppression de questions redondantes ou encore la réorganisation de l'ordre des questions pour améliorer la fluidité des entrevues (ex. questions sur la réglementation à la fin de l'entrevue pour faire un bilan).

4.3 Phase 3 : Cueillette de données

L'objectif à chacune des visites était de (i) mener une entrevue semi-dirigée avec les responsables du cadenassage et les travailleurs, (ii) collecter la documentation (ex. résultats d'audits, formation sur le cadenassage, liste de personnes formées, fiches de cadenassage, programme de cadenassage) et (iii) visiter les installations et observer une simulation d'une procédure de cadenassage et d'alternative au cadenassage si existante. Aucune observation d'application réelle de procédure de cadenassage n'était exigée. L'entrevue semi-dirigée avec le guide d'entretien était l'élément central de la collecte de données. Les observations de simulation de procédures et la collecte de documentation ont permis de confirmer, compléter et illustrer certains points abordés lors des entrevues.

Les visites se sont déroulées comme suit :

1. Au moins deux membres de l'équipe de recherche étaient présents pour assurer le questionnement sur l'ensemble des sujets souhaités et une redondance lors de la prise d'information. Cette façon de faire permettait de s'assurer de la qualité des collectes de données.
2. La durée moyenne d'une visite était de trois heures, parfois plus avec l'accord de l'entreprise lorsque l'équipe de recherche et les intervenants le jugeaient utile pour la recherche.
3. Lorsque possible, la rencontre débutait par la visite des installations et les observations de procédures. Les discussions lors de l'entrevue semi-dirigée se faisaient ainsi sur une base commune, favorisant les échanges sur les difficultés vécues et les solutions mises en place.

Pour chaque entreprise ou organisme participant, la grille d'entrevue complétée avec les données les concernant leur a été remise. Ce retour pourra servir de point de départ pour une auto-évaluation de leur situation en lien avec la pratique du cadenassage.

4.4 Phase 4 : Analyse des données

Basée sur les méthodes associées aux recherches qualitatives, l'analyse des données issues des entrevues semi-dirigées et des observations a suivi la démarche suivante (Gillham, 2000; Laforest et Rainville, 2011) :

1. Après chaque visite, les prises de notes des entretiens ont été retranscrites. Le compte-rendu final qui inclut les observations et l'analyse des documents recueillis a été validé par tous les chercheurs présents lors de la visite.
2. Les données de chaque entreprise ont été regroupées par thèmes dans une grille d'analyse développée sous le logiciel Excel (Microsoft, 2010). Les thèmes et sous-thèmes de la grille d'analyse étaient liés à ceux du guide d'entretien (tableau 3).
3. Les éléments importants pour chacun des thèmes et sous-thèmes ont ensuite été identifiés avec la grille d'analyse (Meyer et Avery, 2009). Ce travail de synthèse visait à dégager des tendances sur les façons de faire et faire ressortir les écarts entre la réalité des entreprises visitées et les exigences mentionnées dans la réglementation et la norme CSA Z460-13. Les analyses devaient aussi permettre de mettre en lumière comment les entreprises se sont mises en conformité suite aux changements réglementaires de 2016.

4.5 Phase 5 : Développement et test d'un outil d'audit pour l'application du cadenassage

Devant les lacunes en termes d'audit de l'application du cadenassage constatées notamment lors des précédents projets de recherche sur le cadenassage (Burlet-Vienney *et al.*, 2017; Chinniah, 2015; Chinniah *et al.*, 2008; Chinniah *et al.*, 2012; Poisson et Chinniah, 2015; Poisson et Chinniah, 2016; Parker, 2016), un outil qui couvre les points à auditer pour l'application du cadenassage a été développé. L'élaboration de cet outil s'est basée sur :

1. une revue de la littérature sur les éléments ayant été identifiés comme problématiques lors des précédents travaux (ex. étape de vérification de la procédure, activités de déblocage et de réparation, sous-traitance, audits) ainsi que sur l'audit en tant que tel.
2. les données recueillies lors des visites en entreprises. Le guide d'entretien abordait le thème des audits et notamment (i) la méthode utilisée, (ii) le contenu des audits, (iii) la fréquence, la raison des audits, (iv) les personnes responsables, (v) les suivis après les audits et (vi) les difficultés éprouvées. Les outils d'audit utilisés dans les entreprises visitées ont été recueillis lorsque disponibles.

Après avoir développé l'outil, la validité de son contenu a dû être évaluée notamment en lien avec les exigences réglementaires et normatives (Birkmire *et al.*, 2007; Huang et Brubacker, 2006; Roson *et al.*, 2010). Cette évaluation a été réalisée en deux temps :

1. Les membres du comité suivi de l'activité de recherche (comprenant 8 experts) ont donné leurs commentaires sur l'outil en groupe lors d'une réunion de travail. Ils ont ensuite validé par courriel une version corrigée.
2. L'outil a ensuite été testé dans six entreprises afin de recueillir leurs commentaires sur le contenu, mais aussi l'utilisabilité de l'outil (tableau 4). Cinq entreprises ayant participé à la première phase ont accepté de participer à ce test. Ces entreprises avaient de l'expérience en matière d'audit d'après les données recueillies lors des entrevues semi-dirigées. La dernière entreprise possédait son propre outil d'audit pour l'application du cadenassage.

L'outil, ses instructions et les questions relatives à la validité du contenu (tableau 5) ont été envoyés par courriel. Un formulaire d'information et de consentement spécifique à cette phase de l'étude a été utilisé (annexe C). L'outil d'audit a été testé en situation réelle ou lors de simulations par le gestionnaire ou la personne responsable du cadenassage dans l'entreprise. Suite aux tests, l'équipe de recherche a recueilli les commentaires par courriel et par téléphone. L'équipe de recherche a été présente pour le test dans une entreprise. L'outil d'audit a été révisé sur la base des commentaires obtenus lors de cette phase de tests.

Tableau 4. Entreprises participantes au test de l'outil d'audit développé pour l'application du cadenassage

Entreprises	Section du travail	Nombre d'employés (<100; <500; ≥500)	Nombre de machines / équipements (approximativement)	Expérience de l'audit du cadenassage
A	Industrie chimique	<100	125	Oui
B	Fabrication	<500	800	Oui
C	Imprimante	<500	100	Oui
D	Municipalité	≥500	5000	Oui
E	Emballage – Papier	<500	4000	Oui
F	Aérospatial	≥500	1300	Oui

Tableau 5. Types de commentaires recherchés lors du test de l'outil d'audit proposé par l'équipe de recherche

Les aspects	Les questions
Le contenu de l'outil	Est-ce que les intitulés sont clairs et compréhensibles? L'enchaînement des intitulés est-il logique? L'outil est-il en phase avec la réglementation sur le cadenassage?
L'utilisabilité de l'outil	Est-ce que l'outil est facile à utiliser sur le terrain? Est-ce qu'il s'adapte bien à votre contexte? Est-ce que l'outil répond à vos besoins?
L'intégralité et l'exhaustivité de l'outil	Est-ce que l'outil est complet et aborde l'ensemble des points pour un audit de l'application du cadenassage? Y a-t-il des éléments/fonctionnalités à ajouter?

4.6 Gestion des données confidentielles

La gestion des données confidentielles recueillies lors des visites a été régie par une certification éthique pour les projets de recherche avec des êtres humains obtenue auprès du comité d'éthique de la recherche (CÉR) de Polytechnique Montréal. L'équipe de recherche s'est ainsi engagée à respecter la confidentialité des données recueillies, la sécurité des participants ainsi qu'à ne les impliquer qu'après avoir obtenu leur consentement.

Le consentement des participants a été consigné avant le début de la recherche avec chaque participant dans un formulaire d'information et de consentement approuvé par le CÉR (annexe B; annexe C). Chaque participant pouvait se retirer à tout moment de l'étude sans avoir à le justifier. Chaque participant pouvait aussi choisir de ne pas être enregistré lors des entrevues, ni filmé ou photographié lors des observations.

Toute la communication hors des membres de l'équipe de recherche a été codifiée et dépersonnalisée (ni les entreprises, ni les participants ne pourront être identifiés). Chaque consultant ayant participé au recrutement de participants et aux visites chez les participants qu'il a recrutés a remis ses notes à l'équipe de recherche. Les données collectées sur papier lors des visites sont stockées sous clé dans les bureaux des membres de l'équipe de recherche. Les données sous forme électronique sont stockées sur des comptes à accès contrôlé. Aussi, conformément au certificat d'éthique, les données seront conservées pendant 10 ans.

Les observations ont été effectuées dans les conditions de travail habituelles des participants. Aucune activité n'a été modifiée par l'équipe de recherche qui observait. De plus, la participation était sur une base volontaire.

5. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette section, les résultats des visites en entreprises en lien avec le programme de cadenassage, l'application de la procédure de cadenassage, les méthodes alternatives de contrôle des énergies dangereuses, la formation et la sous-traitance sont décrits. Pour chaque section, l'état de l'art, les lacunes et problèmes observés et les recommandations sont présentés sous forme de tableaux. Le RSST et la norme CSA Z460 ont servi de référence pour l'analyse et les recommandations effectuées (CSA, 2013; Gouvernement du Québec, 2019a). Les discussions sont incluses dans cette section pour plus de lisibilité. Il est à noter que les visites ont eu lieu entre février 2017 et novembre 2017. Les résultats en lien avec l'audit sont présentés à la section suivante.

5.1 Programmes de cadenassage

Toutes les entreprises avaient une forme de programme de cadenassage. Treize programmes de cadenassage ont pu être obtenus au final (le nombre 13 est considéré comme le nombre total de programmes dans le reste du rapport et dans tous les tableaux suivants). Tous les programmes de cadenassage ont été revus entre 2012 et 2016. Les programmes de cadenassage ont été rédigés en se basant sur la norme CSA Z460 (10/13) ainsi que sur le RSST (13/13). La version du RSST avant le changement réglementaire de 2016 était toujours utilisée dans 9/13 programmes. Toutefois, la majorité des entreprises (10/14) avaient eu connaissance des modifications au RSST de janvier 2016 associées au cadenassage. Huit entreprises ont mentionné que les changements réglementaires n'ont eu aucun impact sur leur programme de cadenassage et leur pratique du cadenassage puisqu'elles s'étaient basées sur la norme CSA Z460 (CSA, 2013) pour élaborer leur programme. En revanche, quatre entreprises ont déclaré que les fiches de cadenassage ont dû être mises à jour suite aux changements réglementaires.

Le contenu des programmes de cadenassage variait. Une entreprise avait un programme d'une page sans explication suffisante et quatre organisations avaient des programmes de moins de dix pages. En comparant avec le guide RF-617 de l'IRSST (Burlet-Vienney *et al.*, 2009), onze des treize programmes de cadenassage obtenus couvraient les principaux thèmes (tableau 6). Toutefois, plusieurs thèmes étaient moins bien couverts comme l'audit du cadenassage (6/13), les alternatives au cadenassage (5/13), la formation (6/13) et la gestion des sous-traitants (7/13).

En résumé, l'élaboration d'une politique pour définir le cadenassage semble être acquise dans l'industrie. Les bases sont présentes dans les programmes de cadenassage (ex. rôle et responsabilité, gestion des fiches/procédures de cadenassage). Il faut améliorer la précision des exigences sur certains thèmes (ex. alternatives au cadenassage, gestion des sous-traitants, audits). Le contenu des programmes sera discuté dans les prochaines sous-sections.

Tableau 6. Aperçu des éléments abordés dans les programmes de cadenassage des entreprises visitées

Éléments	Entreprises													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Programmes écrits de cadenassage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Rôles et responsabilités	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Dispositifs de cadenassage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Continuité du cadenassage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Procédure/fiche de cadenassage	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Alternative au cadenassage	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non		Non	Oui	Non	Non	Non	Non
Formation	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non		Non	Non	Oui	Oui	Non	Non
Sous-traitant	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non		Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui
Audits/ Inspections	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Non		Non	Non	Oui	Non	Non	Oui

5.2 Application du cadenassage

5.2.1 Non-application des procédures de cadenassage

Presque toutes les entreprises (13/14) ont déclaré qu'elles n'avaient pas eu d'accidents graves liés à la non-application du cadenassage dans les dernières années. Néanmoins, plusieurs entreprises (6/14) ont révélé des presque accidents. Ces passés-proches ont été causés par exemple, par la fermeture du mauvais disjoncteur ou sectionneur, le débranchement de la mauvaise alimentation ou l'absence d'un essai de démarrage.

Plusieurs entreprises (8/14) ont déclaré avoir des mesures disciplinaires en cas de non-application des procédures de cadenassage. Les mesures disciplinaires identifiées allaient de l'avertissement verbal jusqu'à la résiliation du contrat de travail en cas de récidives. Selon les entrevues réalisées, la mise en place de mesures disciplinaires a permis dans certains cas d'ancrer la pratique du cadenassage lorsqu'il y avait de la résistance à adhérer au début projet. Toutefois, l'ensemble des intervenants s'entend sur le fait que les mesures disciplinaires seules ne seront jamais suffisantes. Les intervenants ont mentionné que la sensibilisation, la formation et l'engagement de la direction sont des leviers indispensables et ce tel que rapporté dans la littérature (Hale et Borys, 2013).

5.2.2 Dispositifs d'isolement et dispositifs de cadenassage

Les énergies électriques, pneumatiques et hydrauliques sont les énergies dangereuses les plus répandues dans les entreprises. Elles ont été mentionnées dans 9 des 13 programmes de cadenassage obtenus. Dans les entreprises visitées, le cadenassage s'applique à la très grande majorité des machines. Néanmoins, certaines entreprises ont déclaré que l'équipement mobile (ex. chariot élévateur) et le système de chauffage, ventilation et air conditionné (CVAC) étaient exclus du programme de cadenassage.

La section 6.3.5.4 de la norme ISO 12100 (ISO, 2010) sur la conception des machines mentionne que ces dernières doivent être munies des moyens techniques pour isoler et dissiper les énergies dangereuses. L'intégration à la conception des exigences liées au cadenassage était toutefois absente de tous les programmes de cadenassage obtenus. Dans la pratique, 9 des 14 entreprises ont toutefois mentionné une prise en compte du cadenassage lors de l'achat, l'installation ou de la modification d'un équipement. Cela semble une pratique corporative de plus en plus répandue.

Par ailleurs, 11 des 14 entreprises ont affirmé que les dispositifs d'isolement étaient codés et facilement accessibles. Deux entreprises ont mentionné que certains dispositifs pouvaient encore être difficiles d'accès et non-identifiés (ex. vannes en hauteur).

Des stations de cadenassage étaient disponibles et entièrement équipées dans toutes les entreprises visitées. Elles regroupaient tous les dispositifs de cadenassage requis tels que les cadenas personnels, les morillons, les chaînes, les couvre-valves et les boîtes de cadenassage.

Dans toutes les entreprises, le personnel autorisé utilisait un cadenas personnel avec une clé unique, la clé demeurant avec le travailleur lors de l'intervention. Un double de la clé existait dans seulement cinq entreprises, mais il n'est pas utilisé (remisée sous le contrôle du superviseur). Dans les autres cas, le double était détruit. Les étiquettes étaient utilisées dans six entreprises pour identifier les cadenas. Dans les autres cas, les cadenas étaient déjà personnalisés ou un registre était utilisé. Pour les cadenas d'emprunt (ex. sous-traitant), il n'y avait pas de moyen en place pour retracer l'utilisateur dans cinq entreprises.

Les 14 entreprises visitées pratiquaient à la fois du cadenassage simple et du cadenassage de groupe (c.-à-d. utilisation d'une boîte de cadenassage). Deux entreprises pratiquaient parfois du cadenassage de groupe complexe avec plusieurs boîtes de cadenassage.

En résumé, les principes tels que l'utilisation de cadenas à clé unique, la gestion des clés et l'identification des dispositifs d'isolement étaient dans l'ensemble maîtrisés par les entreprises visitées. L'utilisation de station de cadenassage avec la mise à disposition des dispositifs de cadenassage nécessaires était également généralisée. Néanmoins, l'intégration des exigences liées au cadenassage à l'achat ou lors de nouvelles installations mériterait d'être formalisée (ex. faciliter l'accès et le cadenassage des dispositifs d'isolement). Le tableau 7 résume les principales recommandations en lien avec les dispositifs d'isolement et les dispositifs de cadenassage.

Tableau 7. Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour les équipements et dispositifs de cadenassage

Norme et réglementation sur le cadenassage	Programmes de cadenassage	Pratiques de cadenassage réelles	Recommandations
<p><i>Dispositifs d'isolement :</i></p> <p>Machines et équipements conçus pour faciliter le cadenassage (CSA Z460, clause 5.2.1)</p> <p>Dispositifs d'isolement identifiés, cadenassables et accessibles (CSA Z460, clause 5.2.3)</p>	<p>Pas mentionné dans les programmes</p> <p>Pas mentionné dans 8/13 programmes</p>	<p>Pas toujours considéré lors de l'achat d'équipements (9/14)</p> <p>Accès aux dispositifs d'isolement pas toujours facile. L'identification n'est pas toujours effectuée.</p>	<p>Ajouter dans le programme et à considérer lors de l'achat et/ou modification d'équipements.</p> <p>Identifier les dispositifs d'isolement. Rendre l'accès aux dispositifs d'isolement facile pour réduire les inconvénients, efforts et temps de cadenassage. Limiter au maximum l'utilisation d'accessoires supplémentaires pour cadenasser les points d'isolement des énergies.</p>
<p>Avoir un registre de cadenassage si les cadenas ne sont pas personnalisés (RSST art. 188.11)</p>	<p>Pas mentionné dans les programmes</p>	<p>Pas de registre dans 5/14 entreprises</p>	<p>Mettre en place un registre pour les cadenas d'emprunt ou non personnalisés avec : (i) l'identification de chaque cadenas, (ii) le nom de chaque personne à qui un cadenas est donné, (iii) les noms et numéros de téléphone de l'employeur de chaque travailleur qui reçoit un cadenas (si applicable), (iv) date et heure de l'emprunt et du retour du cadenas.</p>

5.2.3 Contenu et application des fiches de cadenassage

Les fiches de cadenassage (ou procédures de cadenassage³) sont spécifiques aux machines ou aux tâches et elles résument toutes les étapes du cadenassage en identifiant les énergies dangereuses, les dispositifs d'isolement à actionner ainsi que les dispositifs de cadenassage requis. Toutes les entreprises avaient des fiches de cadenassage. Le contenu des fiches était conforme aux exigences réglementaires et normatives. Dans trois entreprises, il a été constaté qu'il n'y avait pas de fiche de cadenassage pour certains équipements spécifiques comme des procédés avec de nombreuses valves.

Les fiches de cadenassage ont été développées en utilisant deux approches : une fiche par équipement (7/14), ou une fiche par tâche par équipement (7/14). Par exemple, dans ce dernier cas, une entreprise avait environ 500 machines/équipements, mais 875 fiches avaient été créées. Pour l'accès aux fiches de cadenassage, plusieurs options ont été observées : à côté ou sur la machine (8/14), sur le réseau informatique interne - les fiches devant être imprimées avant utilisation (5/14) ou conservées à la station de cadenassage (1/14). La figure 1 illustre un exemple de fiche de cadenassage placée sur une machine.

³ Pour être précis, les fiches de cadenassage sont le support physique des procédures de cadenassage à appliquer. Toutefois, en entreprises, ces deux termes sont utilisés indifféremment.



Figure 1. Fiche de cadenassage sur une machine

Dans les cas où les fiches sont sur le réseau informatique et doivent être imprimées, le cadenassage demande un effort additionnel. La lecture réelle des fiches a été un enjeu mentionné dans 11 des 14 entreprises visitées. En outre, lors du cadenassage de groupe, seul le personnel autorisé qui prépare la boîte de cadenassage lit la fiche. Le fait que les fiches de cadenassage ne soient pas lues peut être un problème surtout lors de mises à jour ou lorsque le travailleur n'est pas familier avec les machines. Une récente étude par Poisson et Chinniah (2015) sur le cadenassage dans les scieries a révélé que les fiches de cadenassage n'étaient pas utilisées par des travailleurs expérimentés et familiers avec les machines, et lorsque deux sources d'énergie ou moins devaient être isolées. Afin d'encourager l'utilisation des fiches de cadenassage et favoriser la consignation de l'application des procédures, 10 des 14 entreprises ont mentionné que les fiches, un registre ou un permis de travail devaient être signés. Des pratiques telles que l'utilisation systématique d'une boîte de cadenassage (5/14) ou la présence du superviseur pendant l'essai de démarrage sont des éléments qui favorisent également l'application du cadenassage. Il a été mentionné que l'utilisation systématique d'une boîte de cadenassage facilite la gestion (i) des travailleurs autorisés qui s'ajoutent ou qui quittent l'intervention, (ii) la continuité du cadenassage (ex. changement de quart de travail des mécaniciens), (iii) la supervision des sous-traitants et (iv) les audits du cadenassage.

Les photos et illustrations sont utilisées dans 6 des 14 entreprises afin de faciliter la compréhension des fiches de cadenassage. Les entreprises n'utilisant pas de photos indiquaient toutefois que les travailleurs n'éprouvaient pas de problème particulier avec l'application des procédures de cadenassage.

La validation des fiches de cadenassage avant leur utilisation n'a été mentionnée que dans la moitié des programmes. Toutefois, dans la pratique, la plupart des entreprises faisaient valider les fiches par un superviseur, du personnel autorisé ou le comité de SST.

La plupart des entreprises ont mentionné n'avoir aucun problème avec l'étape de vérification du cadenassage ou avec les étapes de remise en service des machines. Dans 8/14 entreprises, la vérification de l'absence d'énergie est effectuée par un essai de démarrage de la machine et/ou l'utilisation de manomètres pour mesurer et visualiser la pression.

En résumé, l'élaboration et l'utilisation des fiches de cadenassage étaient effectives dans toutes les entreprises visitées. Il y a toutefois place à l'amélioration dans la gestion des fiches notamment le contenu des programmes de cadenassage ne reflète pas toujours la pratique réelle. Le tableau 8 résume les principales recommandations en lien avec les fiches de cadenassage.

Tableau 8. Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour les fiches de cadenassage

Norme et réglementation sur le cadenassage	Programmes de cadenassage	Pratiques de cadenassage réelles	Recommandations
Validation des fiches de cadenassage avant une première utilisation (CSA Z460, clause 7.3.2.5.3)	Pas mentionné dans 7/13 programmes	Pas fait dans seulement 1/14 entreprises	Préciser dans le programme le processus de test et validation des fiches de cadenassage avant la 1 ^{re} utilisation et lors des mises à jour
Fiche de cadenassage accessibles, utilisées et lues (CSA Z460, clause 7.3.2.5.3; RSST, art. 188.5)	Pas mentionné dans 2/13 programmes	Fiches non ou peu lues dans 11/14 entreprises.	Placer les fiches de cadenassage à proximité des machines et les rendre facilement et rapidement accessibles. Dans le cas de plusieurs sources d'énergie, exiger la signature de la fiche.
Tenue à jour de la documentation des fiches de cadenassage (CSA Z460, clause 7.3.2.5.5)	Pas mentionné dans les programmes	Pas pratiqué dans 4/14 entreprises	Les dates de rédaction, de révision et de mise à jour de chaque fiche doivent être documentées.
<i>Éléments ou étapes d'une procédure de cadenassage :</i>			
Identification et localisation des dispositifs d'isolement (RSST, art. 188.6)	Pas mentionné dans les programmes	Absent de quelques fiches	Ajouter dans le programme et dans les fiches
Avertissements et instructions spéciaux (CSA Z460, clause 5.4; RSST, art. 323)	Pas mentionné dans 9/13 programmes	Absent dans 6/14 entreprises	Ajouter l'étape de délimitation de la zone de travail dans la procédure de cadenassage. Cette étape est importante dans les zones passantes et quand les entreprises ont un nombre important de machines et de travailleurs

5.2.4 Gestion des cas spéciaux - continuité du cadenassage et retrait du cadenas

Une méthode pour assurer la continuité de l'application du cadenassage est requise lors des changements de quart de travail ou du groupe de personnel sur une intervention. Douze entreprises visitées avaient un quart de soir et la quasi-totalité des programmes (11/13) mentionnait la continuité du cadenassage. Dans les faits, les méthodes utilisées pour assurer cette continuité étaient : l'utilisation d'un cadenas de département ou du cadenas de superviseur (10), l'utilisation d'un scellé sur la boîte de cadenassage avec le code associé inscrit sur la fiche de cadenassage (1), ou encore une réunion d'information pour que les travailleurs se croisent (1). Le cadenas de département avec une clé unique est une méthode reconnue. Pour les scellés codés, des discussions étaient cours avec la CNESST lors de l'étude. Les entreprises qui utilisaient ou envisageaient d'utiliser cette technique la trouvaient toute aussi sûre voir même plus que le cadenas de département. En effet, avec un scellé associé

à un code inscrit sur la fiche de cadenassage, ils étaient en mesure de savoir si le scellé avait été retiré, ce qui n'est le cas du cadenas de département lors d'un retrait temporaire.

Par ailleurs, les cadenas ne doivent être retirés que par le personnel autorisé qui a apposé le cadenas. Si une personne autorisée est absente des lieux de travail et a oublié d'enlever ses cadenas, ou si elle a perdu ses clés, l'entreprise doit avoir une procédure spécifique de retrait du cadenas. En l'occurrence, tous les programmes de cadenassage obtenus couvraient ce point en respectant les étapes suggérées dans la norme. Ainsi, dans les procédures de retrait du cadenas en cas d'absence de la personne autorisée, il était demandé à la personne désignée de : (i) communiquer avec le travailleur qui a oublié son cadenas (14/14), (ii) s'assurer que le travailleur a quitté les lieux de travail et de demander un retour au travail si possible (14/14), (iii) soigneusement inspecter et évaluer l'état de la machine (14/14), (iv) être accompagné d'un témoin lorsque les cadenas sont enlevés (14/14), (v) consigné le retrait du cadenas par la personne désignée et garder ce document au moins un an (11/14). La plupart des entreprises n'utilisent pas le double de clé ou de clé maîtresse, mais coupent le cadenas (10/14). Seulement deux entreprises utilisaient la clé maîtresse.

Dans l'ensemble, les cas spéciaux étaient bien pris en compte par les entreprises visitées. Cette constatation est différente de Poisson et Chinniah (2016) qui ont constaté que le processus de retrait du cadenassage dans l'industrie des scieries était mal documenté.

5.3 Autres méthodes de contrôle des énergies (alternatives au cadenassage)

5.3.1 Concept dans les entreprises visitées

Le concept de méthodes alternatives au cadenassage était mal maîtrisé dans la plupart des entreprises visitées (10/14). Les réponses obtenues en lien avec ce point n'étaient pas claires (ex. Qu'est-ce qu'une méthode alternative au cadenassage? Quelles méthodes alternatives utilisez-vous? Quand doivent-elles être utilisées et par qui?). Il fallait la plupart du temps expliquer le concept de méthodes alternatives aux intervenants en se basant sur l'article 188.4 du RSST pour qu'ils soient en mesure de trouver des exemples d'utilisation dans leur entreprise (ex. clé captive). En d'autres termes, les entreprises utilisaient ces méthodes sans savoir qu'il s'agissait d'autres méthodes de contrôle que le cadenassage tel que prescrit dans le RSST. Allen (2012) avait d'ailleurs signalé qu'il s'agissait d'une des lacunes majeures dans l'application des programmes de cadenassage.

Au final, seules cinq entreprises ont mentionné les méthodes alternatives au cadenassage dans leurs programmes de cadenassage. Dans ces programmes, les méthodes alternatives étaient appelées : cadenassage opérationnel, cadenassage partiel, cadenassage temporaire, permis de travail spécial. Aucun programme de cadenassage ne mentionnait l'analyse de risque pour le choix et la validation des méthodes alternatives.

En résumé, nous avons constaté que la gestion des méthodes alternatives au cadenassage n'était pas encore formellement en place dans les entreprises visitées malgré les changements réglementaires édictés l'année précédant la visite.

5.3.2 Méthodes alternatives utilisées dans les entreprises

Les tâches telles que le dépannage, le déblocage et le nettoyage sont les activités les plus fréquemment mentionnées par les entreprises pour l'utilisation de méthodes alternatives au cadenassage. La première raison mentionnée pour utiliser ces méthodes était que ces tâches faisaient partie intégrante de la production (13/14). Il s'agissait principalement d'activités présentant les caractéristiques suivantes : (i) de courte durée (11/14), (ii) de nature relativement mineure (11/14), (iii) fréquentes pendant un quart de travail (10/14), (iv) généralement effectuées par des opérateurs (10/14) et, (v) qui doivent interrompre le moins possible la production (8/14). Des études ont montré que le recours à un protecteur avec un dispositif de verrouillage en tant que méthode alternative peut non seulement être sûr, mais également réduire considérablement les temps d'arrêt (Main et Grund, 2017; Rasnic et Capps, 2004). La deuxième raison énoncée (10/14) était le besoin d'énergie (ex. diagnostic).

Les méthodes alternatives utilisées par les entreprises visitées ont été classées comme suit : (i) système de commande relatif à la sécurité (SCRS) avec l'utilisation d'un cadenas ou l'équivalent, (ii) mode de commande spécifique, (iii) cadenassage opérationnel ou partiel et (iv) permis de travail, avertissement et ÉPI. Les sous-sections suivantes expliquent ces catégories. Il est intéressant de noter que toutes les méthodes évoquées sont procédurales puisqu'elles nécessitent une intervention humaine.

5.3.2.1 SCRS avec l'utilisation d'un cadenas ou l'équivalent

Les mesures entrant dans la catégorie « système de commande avec l'utilisation d'un cadenas ou équivalent » ont été les méthodes alternatives au cadenassage les plus fréquemment observées. Ces mesures utilisent le SCRS et un cadenas (ou l'équivalent) pour maintenir une commande d'arrêt sur la machine. La figure 2 (a à d) illustre certaines des méthodes rencontrées. La figure 2a présente un bouton d'arrêt d'urgence avec couvercle cadenassable qui maintient le bouton enfoncé. La figure 2b illustre un dispositif de verrouillage à clés retenues (appelé aussi clés captives ou à transfert de clés). Ce dispositif est expliqué plus en détail à l'annexe J de la norme CSA Z460 (CSA, 2013). La méthode illustrée à la figure 2c utilise deux dispositifs de verrouillage à actionnement positif et en redondance maintenus enclenchés par une barre et un cadenas. Une boîte de cadenassage était utilisée dans ce cas pour que chaque employé qui intervient puisse poser son cadenas personnel. La figure 2d illustre l'obturation d'un rideau optique et le maintien d'un ordre d'arrêt par l'intermédiaire d'une pièce métallique cadenassable.

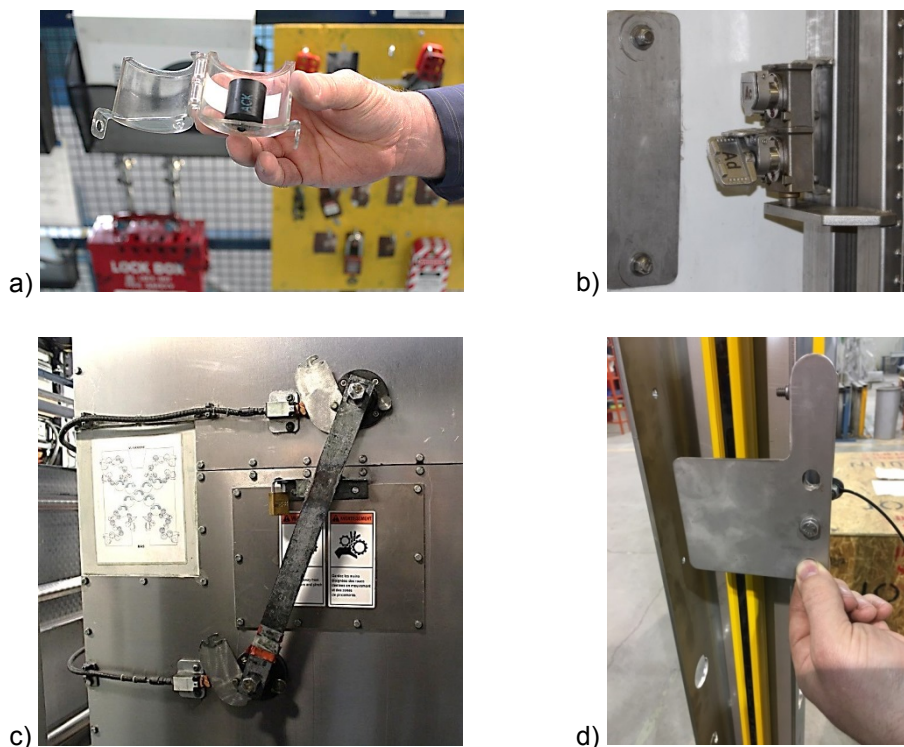


Figure 2. Exemples de méthodes alternatives basées sur l'utilisation du SCRS et d'un cadenas (ou l'équivalent) pour maintenir une commande d'arrêt

Par ailleurs, les entreprises en robotique ont indiqué se servir du pendant du robot (commande portative) comme moyen pour contrôler les énergies lors d'une intervention dans la cellule robotique. Par exemple, comme le pendant du robot est un poste de commande prioritaire lorsqu'il est activé, l'arrêt d'urgence du pendant était enclenché et le pendant placé dans une boîte de cadenassage pendant l'intervention. Chaque intervenant devait placer son cadenas personnel sur la boîte avant d'intervenir. L'utilisation du pendant comme mode de commande spécifique tel que mentionné à l'article 189.1 du RSST a aussi été observée (voir la sous-section suivante).

Il est important de noter que lorsque la réduction du risque passe par le SCRS, la fiabilité des fonctions de sécurité devrait être évaluée (ISO, 2015). Le niveau de fiabilité requis doit être adapté au niveau de risque. La norme ISO 13849-1 (ISO, 2015) permet notamment de réaliser cet exercice. Toutefois, sur ce point, la plupart des entreprises ont indiqué qu'aucune validation du SCRS n'avait été effectuée.

5.3.2.2 Mode de commande spécifique

L'utilisation d'un mode de commande spécifique tel que mentionné à l'article 189.1 du RSST est une alternative au cadenassage. Cette solution est appropriée lorsqu'on a besoin de mouvement et donc de l'énergie (ex. dépannage, nettoyage ou réglage).

Les exemples associés au mode de contrôle spécifique ont été observés dans deux entreprises avec l'utilisation d'un pendant dans une cellule robotique. Le pendant permet à l'intervenant

d'avoir le contrôle exclusif du système de commande et de faire fonctionner l'équipement à vitesse réduite à l'aide d'un bouton à action maintenu. Dans l'ensemble, nous avons constaté que la plupart des entreprises (11/14) ne maîtrisaient pas le contenu de l'article 189.1 et le mode de commande spécifique.

5.3.2.3 Cadenassage opérationnel et cadenassage partiel

Le cadenassage dit opérationnel a été observé dans deux entreprises. Il s'agit dans les faits d'un cadenassage simplifié pour assurer une continuité de production. Dans une entreprise, lorsque l'opérateur devait entrer dans la zone d'emballage pour un déblocage, il cadenassait le sectionneur rotatif local avec le cadenas standard laissé disponible à côté du sectionneur et il gardait la clé (figure 3). Dans ce cas, il n'y avait pas de procédure, de cadenas personnel, de registre ou autre.

Le cadenassage partiel est le cadenassage de certaines énergies d'une machine. Ce cas a été observé dans une entreprise avec une presse à injection plastique. La machine était équipée de deux sectionneurs afin de contrôler la fermeture du moule tout en permettant le chauffage du système d'extrusion du plastique. Ce cas avait déjà été observé par Chinniah *et al.* (2014).



Figure 3. Sectionneur rotatif avec un cadenas régulier laissé à disposition

5.3.2.4 Permis de travail, instructions, ÉPI

Les entreprises visitées ont également utilisé d'autres méthodes comme (i) un permis de travail pour entrer dans la zone dangereuse (2/14), (ii) des consignes de sécurité telle une pancarte lors d'une opération de dépannage (4/14), (iii) une étiquette d'information sur un dispositif d'isolement à OFF (*tagout*) (3/14) et (iv) l'utilisation d'ÉPI (ex. arc flash) lors de travail sous tension (7/14). Selon les normes NFPA 70E (*National Fire Protection Association* [NFPA], 2015) et CSA Z462 (CSA, 2015), les tâches de dépannage sous tension sont acceptées dans certaines circonstances strictes et si le travailleur utilise les ÉPI et les outils appropriés.

Par ailleurs, le RSST permet à l'article 188.2 une exemption aux exigences réglementaires sur le contrôle des énergies dans le cas où « le débranchement d'une machine est à portée de main et sous le contrôle exclusif de la personne qui l'utilise, que la source d'énergie de la machine est unique et qu'il ne subsiste aucune énergie résiduelle à la suite du débranchement. » Seules trois entreprises ont explicitement utilisé ce cas d'exemption.

5.3.3 Méthodes alternatives et appréciation du risque

Le RSST (art. 188.4) impose aux employeurs qui envisagent d'appliquer une autre méthode de contrôle que le cadenassage pour une tâche spécifique de garantir la sécurité équivalente de cette méthode au moyen d'une appréciation du risque. Dans les faits, une appréciation du risque spécifique à la tâche visée n'avait été menée que dans 3/14 entreprises. Le niveau de formalisme de ces appréciations n'a pu être vérifié faute de documentation disponible. Dans le même ordre d'idée, les procédures écrites pour l'application des méthodes alternatives faisaient défaut dans la majorité des entreprises. Ce sont les mêmes constats que ceux rapportés par Poisson et Chinniah (2016).

Deux entreprises ont indiqué qu'elles effectueraient des appréciations du risque spécifiquement pour les alternatives au cadenassage au cours de l'année. À noter que quatre entreprises effectuaient des appréciations du risque formelles pour la sécurité des machines en phase de production.

5.3.4 Recommendations

D'après les résultats obtenus, l'utilisation de méthodes alternatives au cadenassage est répandue en entreprise. Toutefois, la gestion de ces méthodes n'est pas formalisée et n'est ainsi pas conforme aux exigences réglementaires. Cela est particulièrement vrai pour les exigences en lien avec l'appréciation du risque. Le tableau 9 présente les améliorations et recommandations possibles pour remédier aux lacunes identifiées concernant les méthodes alternatives au cadenassage.

Tableau 9. Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour la gestion des méthodes alternatives au cadenassage

Norme et réglementation sur les alternatives au cadenassage	Pratique actuelle	Recommandations et possibles améliorations
Les changements mineurs d'outils, les activités de maintenance et les réglages ne nécessitent pas l'application de cadenassage s'ils sont partie intégrante du processus de production (CSA Z460, section 7.4).	Les alternatives au cadenassage ont été mentionnées dans seulement 5/13 programmes de cadenassage	Intégrer l'utilisation des méthodes alternatives au cadenassage dans les programmes de cadenassage. Identifier les tâches pouvant être exemptées du cadenassage ou les situations dans lesquelles l'application du cadenassage traditionnel n'est pas appropriée
<p>Valider que les méthodes alternatives ont un niveau de sécurité équivalent au cadenassage en analysant les éléments suivants (RSST, art. 188.4) :</p> <p>(1) les caractéristiques de la machine; (2) l'identification des risques lors de l'utilisation de la machine</p> <p>(3) l'estimation du risque initial et résiduel</p> <p>(5) la documentation des résultats de l'appréciation du risque</p>	<p>- Application de méthodes alternatives sans appréciation du risque (11/14).</p> <p>- Utilisation d'outils inappropriés pour l'estimation du risque</p> <p>- Manque de documentation sur les résultats de l'analyse du risque pour les méthodes alternatives (12/14)</p>	<p>- Avant d'utiliser une autre méthode que le cadenassage, une appréciation du risque spécifique est nécessaire. Le niveau de risque doit être acceptable. La validation de la fiabilité du SCRS (conformément à ISO13849) est nécessaire si le SCRS est impliqué dans la solution.</p> <p>- Utiliser un outil d'estimation du risque avec des paramètres et des seuils bien définis. Par exemple, trois à cinq niveaux pour la gravité et la probabilité et au moins quatre niveaux de risque sont recommandés (Chinniah <i>et al.</i>, 2011)</p> <p>- Documenter les résultats de l'analyse des risques, partager les documents avec le personnel et les sous-traitants.</p>
Exemptions au cadenassage mentionnées à l'article 188.2 du RSST.	<p>Peu de compréhension de ces exemptions réglementaires (11/14)</p> <p>Aucune instruction formelle dans les programmes de cadenassage sur ces exemptions</p>	Intégrer les exemptions au cadenassage dans le programme de cadenassage. Utiliser la norme ISO 12100 sur le travail à vitesse et efforts réduits (Chinniah <i>et al.</i> , 2014; Chinniah <i>et al.</i> , 2017).

5.4 Sous-traitance

Les activités sous-traitées par les entreprises sont majoritairement la maintenance de machines spécifiques, les travaux électriques, les travaux sur les systèmes CVAC et les nouveaux projets. Dans 11 des 14 entreprises, les sous-traitants devaient obtenir une autorisation écrite de la part de l'entreprise hôte pour pouvoir effectuer les travaux dans les zones dangereuses. De plus, dans tous les cas, le sous-traitant utilisait son propre matériel pour appliquer le cadenassage ou une autre méthode de contrôle des énergies dangereuses.

La supervision réelle et l'audit des sous-traitants variaient d'une organisation à l'autre. Dans près de la moitié des cas, les sous-traitants devaient ajouter leurs cadenas à la boîte de cadenassage préparée par un opérateur de l'entreprise hôte. La préparation de la boîte de cadenassage par l'entreprise hôte est un moyen très efficace de s'assurer de la pratique du cadenassage par les sous-traitants. Pour l'autre moitié des entreprises, les sous-traitants devaient appliquer eux-mêmes les procédures. Les sous-traitants étaient considérés comme des experts des machines sur lesquelles ils intervenaient. Le peu de supervision des sous-traitants par l'entreprise hôte était souvent justifié ainsi. Neuf entreprises ont déclaré avoir audité les activités de cadenassage de leurs sous-traitants mais, en pratique, elles ne disposaient pas d'un outil d'audit spécifique à cet effet. Dans cinq entreprises, les sous-traitants signaient la fiche de cadenassage ce qui constituait le seul point de vérification.

Les résultats montrent que la vérification des compétences et des qualifications des sous-traitants par rapport au cadenassage et autres méthodes était souvent négligée. Seules 5 des 14 entreprises avaient un programme de gestion de la formation pour les sous-traitants. En particulier, deux entreprises utilisaient un logiciel de gestion des sous-traitants leur permettant de faire un suivi sur les qualifications de leurs sous-traitants. Les entreprises soulignaient toutefois que le moyen le plus efficace était de valider les compétences réelles des sous-traitants en matière de cadenassage en les auditant lors de leur premier contrat.

Dans une étude sur le lien entre la sous-traitance et la SST, Nunes (2012) a montré que la supervision, la formation, les rôles et responsabilités, la communication et les barrières linguistiques et culturelles peuvent être problématiques pour la gestion des sous-traitants. L'auteur affirme qu'une communication efficace, une coopération à long-terme, le partage de connaissances, une supervision efficace et une formation adaptée sont autant de facteurs améliorant la gestion de l'exposition des sous-traitants aux dangers présents.

La supervision des sous-traitants par rapport au cadenassage et autres méthodes étaient un élément perfectible dans les entreprises visitées. Une responsabilisation est toutefois en cours tout comme pour les audits puisque ces deux sujets sont liés. Les autorisations écrites ainsi que la préparation des boîtes de cadenassage par l'entreprise hôte pour le sous-traitant sont des exemples de pratiques structurantes qui commencent à se généraliser. Les recommandations visant à combler les lacunes dans ce domaine sont présentées dans le tableau 10.

Tableau 10. Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour la gestion des sous-traitants

Norme et réglementation sur le cadenassage	Programmes de cadenassage	Pratiques de cadenassage réelles	Recommandations et possibles améliorations
Supervision des activités du sous-traitant. S'assurer que le sous-traitant appliquera une méthode de contrôle de l'énergie conforme à la réglementation (ROHS, art. 188.9)	Non mentionné dans les programmes	Insuffisances concernant la supervision des activités de cadenassage du sous-traitant dans près de la moitié des entreprises	Préparer les activités des sous-traitants (ex. boîte de cadenassage prête). Inclure la supervision des sous-traitants dans le programme de cadenassage. Prévoir des audits spécifiques pour les sous-traitants et documenter les résultats (Nunes, 2012)
<p><i>Coordination et communication entre l'hôte et les sous-traitants:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas de nombreux sous-traitants, déterminer leurs rôles respectifs et leurs moyens de communication (ROHS, art. 188.10) - Obtenir l'autorisation écrite de l'employeur qui a autorité sur l'établissement avant d'entreprendre des travaux dans la zone de danger d'une machine (ROHS, art. 188.9) 	<p>Plan de communication mentionné dans 7/13 programmes. Absence de la définition des rôles et responsabilités dans 4/13 programmes</p> <p>Non mentionné dans les programmes</p>	<p>- Manque de coordination des rôles et responsabilités (8/14 entreprises)</p> <p>Manquante dans 3 entreprises</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Définir les exigences pour l'accueil des sous-traitants. Accompagner les sous-traitants dans l'application du cadenassage. Exiger de signer les fiches - Préparer une autorisation écrite avant d'entreprendre des travaux dans les zones dangereuses
Les sous-traitants doivent être formés et posséder les qualifications requises (CSA Z460, clause 7.3.6).	Seuls 4 programmes des 13 ont mentionné la validation des compétences du sous-traitant	Absence de vérification de la formation du sous-traitant dans 8/14 organisations	Vérifier la formation des nouveaux sous-traitants notamment leurs connaissances réelles en les auditant au 1 ^{er} contrat. Offrir une formation spécifique au besoin.

5.5 Formation

Selon l'article 188.8 du RSST, les intervenants qui appliquent ou participent à une procédure de contrôle des énergies doivent être formés. En ce sens, seule une entreprise n'avait pas de programme de formation pour ses employés sur le sujet. Dans 12 cas, la formation était d'abord théorique. Une formation plus spécifique était offerte dans six entreprises. Aucune des organisations étudiées ne disposait d'un programme de formation spécifique pour les méthodes alternatives au cadenassage. Les formations étaient effectuées en interne pour 11 des 14 entreprises participantes. Le programme de cadenassage en lui-même n'était inclus dans la formation des nouveaux employés que dans quatre entreprises. En pratique, le programme de cadenassage n'était pas lu par les employés.

Demirkesen et Arditi (2015) ont listé les facteurs importants pour la mise en place d'une formation reliée à la sécurité. On retrouve notamment l'utilisation d'un support visuel, fournir des

commentaires et l'évaluation de l'apprentissage. Ray *et al.* (1997) ont de leur côté démontré qu'il n'y a avait pas réellement d'amélioration du comportement suite à une formation de sécurité tant qu'aucun retour d'expérience n'avait été effectué. La norme CSA Z460 (section 7.5.3) recommande d'ailleurs une évaluation suite à la formation. En lien avec ces données, seule la moitié des entreprises ont affirmé évaluer les connaissances après la formation soit à l'aide d'un test écrit (ex. : questionnaire) (6/14) ou par l'application d'une procédure de cadenassage (1/14).

Douze des quatorze entreprises tenaient un registre du personnel formé. La fréquence des remises à niveau (c.-à-d. recyclage, *refresh*) était différente selon les entreprises : biannuelle (1/14), annuelle (2/14), tous les deux ans (2/14), tous les trois ans, (3/14), fréquence non définie (3/14), recyclage non prévu (3/14). La norme CSA Z460 recommande une remise à niveau aux trois ans maximum (section 7.5.2.5). Onze entreprises ont mentionné que le contenu des remises à niveau était déterminé par les audits de sécurité ou des inspections globales incluant le cadenassage.

En pratique, la formation des travailleurs sur le cadenassage et autres méthodes était mieux réalisée ce que les programmes de cadenassage prévoyaient. Elle était globalement conforme aux exigences réglementaires excepté pour les méthodes alternatives. Le tableau 11 présente les quelques lacunes et possibilités d'améliorations notées pour la formation.

Tableau 11. Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour la formation sur le cadenassage

Norme et réglementation sur le cadenassage	Programmes de cadenassage	Pratiques de cadenassage réelles	Recommandations et possibles améliorations
<p><i>Formation efficace (CSA Z460, section 7.5.2):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La formation comprend des exemples de procédures spécifiques à la machine et permet au personnel d'interpréter et de mettre en œuvre des procédures (telles que des applications pratiques démontrées) - Évaluation de la formation - Les remises à niveau doivent être assurées chaque trois années pour rétablir les compétences des employés en matière de méthodes et procédures de contrôle. - La documentation atteste que la formation du personnel a été accomplie et est tenue à jour 	<ul style="list-style-type: none"> - Les exigences de formation mentionnées dans 6 des 13 programmes - Pas mentionné dans 8/13 programmes - Pas mentionné dans 9/13 programmes 	<ul style="list-style-type: none"> - Manque de formation pratique dans 8/14 entreprises - Le programme de cadenassage ne faisait pas partie de la formation dans 10/14 entreprises - 7/14 entreprises ont affirmé évaluer les connaissances après la formation - Fréquence des remises à niveau indéfinie (4/14). Contenu des remises à niveau indéfini (8/14) - La documentation sur les remises à niveau n'était pas complète dans la plupart des entreprises 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajouter la formation et ses exigences dans le programme de cadenassage. Utiliser davantage de formation pratique et d'aides visuelles durant la partie théorique. Inclure l'application des méthodes alternative au cadenassage dans la formation. - Le programme de cadenassage est un texte utile pendant les sessions de formation et peut être donné aux nouveaux employés. Cela ne remplace toutefois pas une communication adéquate et une formation sur le cadenassage - Évaluer l'efficacité de la formation de manière à s'assurer que les personnes autorisées connaissent le programme, reconnaissent et comprennent les types d'énergie dangereuse et appliquent les fiches pertinentes de maîtrise des énergies - Une remise à niveau périodique est nécessaire pour tous les employés concernés et autorisés (ne doit pas dépasser 3 ans). Le contenu est basé sur une évaluation des dangers et des risques connus pour les activités et les conditions de travail prévues. - Documenter et enregistrer le nom de chaque employé, le nombre d'heures et les dates de formation

6. DEVELOPEMENT D'OUTIL D'AUDIT

6.1 Audit et inspection en entreprises

Un peu plus de la moitié des entreprises visitées ont affirmé procéder à l'audit périodique de leur programme de cadenassage, de leurs fiches de cadenassage et/ou de l'application du cadenassage. Cependant, une seule entreprise avait mis en place un audit portant sur ces trois éléments et disposait d'une liste de vérification distincte pour chacun d'entre eux. Les raisons de l'audit du programme de cadenassage ou de l'application du cadenassage n'étaient pas claires dans la plupart des entreprises. Un seul programme mentionnait la nécessité de traiter les non-conformités identifiées lors de l'audit comme étant la raison principale d'effectuer des audits. La moitié des organisations (7/14) ont déclaré que les résultats des audits avaient servi à l'amélioration continue (4/14) et aux mesures correctives (3/14).

Parmi les entreprises participantes, 8 des 14 ont également déclaré disposer d'un outil formel d'audit et d'inspection pour le cadenassage. Toutefois, la plupart des outils étaient de courtes listes de contrôle ne contenant que quelques questions sur le cadenassage. En pratique, l'audit du cadenassage était une partie d'un audit de sécurité plus général. Les audits n'étaient donc pas spécifiques au cadenassage. Cette constatation montre que presque toutes les organisations ne disposaient d'aucun outil d'audit complet pour le cadenassage.

Par ailleurs, seules deux organisations ont effectué des audits ou des inspections périodiques pour l'application de méthodes alternatives sans outil d'audit détail.

En résumé, bien que la sécurité des machines ait fait l'objet d'une vérification dans les entreprises participantes et que celles-ci puissent être considérées comme proactives en matière de cadenassage, l'audit du cadenassage constaté n'a pas été totalement conforme aux attentes de la norme canadienne. Le tableau 12 présente les difficultés énoncées ainsi que les recommandations concernant l'audit du cadenassage.

Tableau 12. Lacunes observées en entreprises et améliorations possibles pour l'audit du cadenassage

Norme et réglementation sur le cadenassage	Contenu des programmes de cadenassage	Pratique en entreprises	Recommandations
La vérification des éléments du programme doit faire partie du programme de cadenassage (CSA Z460, section 7.3.1).	Non mentionné dans 8/13 programmes.	<ul style="list-style-type: none"> - 5/14 entreprises ne font pas d'audit de leur programme de cadenassage. 7/14 ont effectué des audits généraux non spécifiquement pour le cadenassage. Les raisons des audits n'étaient pas claires pour 10/14 entreprises. - 6/14 entreprises n'avaient pas d'outils d'audit et les autres avaient des outils d'audit simples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajouter les exigences relatives aux audits du cadenassage dans le programme. - Identifier la portée des audits et définir les raisons (ex. mettre à jour le programme aux 3 ans, déficiences observées). - Identifier les exigences et les attentes par rapport aux normes et aux réglementations. Définir qui est responsable des audits. - En utilisant une méthode d'audit, définir un questionnaire valide et des listes de contrôle.
Un audit annuel des procédures écrites et du personnel autorisé est nécessaire. La documentation relative aux constatations et aux enregistrements de l'audit doit être conservée pendant au moins trois ans (CSA Z460, section 7.6.3; RSST, art. 188.5).	Non mentionné dans 11/13 programmes.	<ul style="list-style-type: none"> - La fréquence des audits des procédures n'a pas été déterminée dans 6/14 entreprises. - Absence de documentation des résultats dans 12/14 entreprises. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'audit doit être effectué au moins une fois par an et la documentation doit être conservée pendant au moins trois ans. Des audits spécifiques peuvent être effectués suite à une modification sur un équipement ou le signalement de déficiences. - Documenter tous les résultats des audits. Partager également les résultats avec les travailleurs et les superviseurs pour appliquer les corrections. Corriger les écarts par rapport aux bonnes pratiques.

La norme CSA Z460 (CSA, 2013) explique que les audits doivent être conçus pour corriger des manques ou des erreurs observés. Cependant, aucun outil d'audit spécifique n'est mentionné dans la norme. Selon Kane (1999), l'audit par auto-évaluation est une méthode efficace de contrôle et d'amélioration de la sécurité. Esposito (2009) préconise l'utilisation de questionnaires et de listes de contrôle en tant qu'outils d'audit permettant de définir les attentes minimales pour l'évaluation des mesures de sécurité. De plus, Robson *et al.* (2010) ont montré que les outils d'audit doivent être valides et fiables pour que les praticiens puissent prendre des décisions appropriées et efficaces. Or, les outils d'audit spécifiques à une cible fournissent de meilleurs résultats en termes de validité et de fiabilité que des audits plus larges évaluant un large éventail de dangers (Birkmire *et al.*, 2007; Kaskutas *et al.*, 2008; Kelso SA *et al.*, 2008).

6.2 Proposition d'un outil d'autodiagnostic pour l'application du cadenassage

Tel que mentionné à la section 2, les outils d'autodiagnostic pour l'application du cadenassage semblent faire défaut dans la littérature contrairement à ceux pour les programmes de cadenassage (Burllet-Vienney *et al.*, 2009; Yamin *et al.*, 2017). Sur la base de nos précédentes constatations (Karimi *et al.*, 2018), de la réglementation en vigueur et de la norme CSA Z460, un outil d'autodiagnostic spécifiquement pour l'application du cadenassage a donc été

développé (CSA Z460, 2013; Gouvernement du Québec, 2019a). En plus des instructions (tableau 13), cet outil comprend deux parties, nommées le pré-audit (préparation) (tableau 14) et l'audit lui-même (tableau 15). Avant de commencer, l'auditeur (qui possède l'expertise nécessaire sur le cadenassage) sélectionne un équipement et/ou une tâche pour laquelle un ou des employés autorisés (incluant les sous-traitants) vont appliquer une procédure de cadenassage. Lors du pré-audit, l'auditeur s'assure que les conditions nécessaires à l'audit sont réunies. Premièrement, les conditions matérielles sont vérifiées (ex. fiche de cadenassage existante et à jour, matériel de cadenassage disponible, dispositifs d'isolement des énergies adéquats et fonctionnels). L'auditeur vérifie ensuite le dossier de formation des personnes auditées ainsi que les audits antérieurs effectués. L'outil fournit les actions requises lorsqu'une déficience est identifiée. Lors de l'audit, en ayant préalablement étudié la procédure de cadenassage, l'auditeur observe l'application réelle du cadenassage pour le cas ciblé (équipement-tâche). Il vérifie chacune des exigences mentionnées dans l'outil et il écrit ses commentaires dans la colonne de droite. Des instructions ont été rédigées afin d'accroître l'efficacité de l'outil et également de réduire la subjectivité.

Tableau 13. Outil d'autodiagnostic (audit) - Instructions

Instructions générales

L'IRSST, en collaboration avec Polytechnique Montréal, a mis au point un outil d'autodiagnostic pour l'application du cadenassage. En utilisant cet outil, un auditeur peut évaluer l'application du cadenassage par ses employés autorisés ou ses sous-traitants. L'auditeur doit avoir une expertise reconnue dans l'entreprise sur le cadenassage pour utiliser cet outil.

Les audits peuvent être aléatoires ou planifiés. Ils peuvent concerner tous les quarts de travail, tous les jours d'opération, toutes les situations de travail inhabituelles et chaque catégorie de personnel. C'est à l'auditeur de déterminer la fréquence des audits et l'échantillon visé par les audits. Cette information est normalement indiquée dans le programme de cadenassage.

Cet outil, en l'état, est générique puisqu'il est basé sur les obligations du règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) et les recommandations de la norme CSA Z460 (2013) sur le cadenassage. Il vous est possible d'ajuster cet outil à vos besoins spécifiques tant que les obligations réglementaires sont respectées.

L'outil et le processus d'audit

Cet outil d'autodiagnostic pour l'application du cadenassage comprend deux étapes, nommées le *pré-audit* (préparation) et l'*audit* lui-même. Avant de commencer, l'auditeur doit sélectionner un équipement et/ou une tâche.

Pré-audit : À cette étape, l'auditeur doit s'assurer que les conditions nécessaires à l'audit sont réunies. Premièrement, les conditions matérielles sont vérifiées (ex. fiche de cadenassage existante et à jour, matériel de cadenassage disponible, dispositifs d'isolement des énergies adéquats et fonctionnels). L'auditeur vérifie ensuite le dossier de formation des personnes auditées ainsi que les audits antérieurs effectués. L'outil fournit les actions requises lorsqu'une déficience est identifiée.

Audit : Ayant préalablement étudié la procédure de cadenassage, l'auditeur observe l'application réelle du cadenassage pour le cas ciblé (équipement-tâche) et vérifie chacune des exigences mentionnées dans l'outil. L'auditeur écrit ses commentaires dans la colonne de droite.

Tableau 14. Outil d'autodiagnostic (audit) - Pré-audit de l'application du cadenassage

Directives :		
<p>Avant d'auditer l'application du cadenassage sélectionnée, il est nécessaire de vérifier les prérequis ci-dessous.</p> <p>Lire attentivement les intitulés. Inscrire (✓) si une exigence est satisfaite ; (X) si non satisfaite ; (N/A) si non applicable. Si le cadenassage est appliqué par un sous-traitant, dans chaque intitulé, « employé autorisé » doit être remplacé par « sous-traitant ».</p> <p>Si les prérequis ne sont pas remplis, des mesures correctives doivent être prises. À cet égard, le programme de cadenassage doit être vérifié. La vérification des éléments d'un programme de cadenassage est disponible sur le site Web de l'IRSST (vérification du contenu des programmes de cadenassage : RF-617).</p>		
Usine / Département / équipe visé :		
Machine, procédé ou équipement observé :		
Tâche observée :		
Employé(es) observé(es) <input type="checkbox"/> Employé(es) autorisé(es) : <input type="checkbox"/> Sous-traitant(s) :		
Nom de l'auditeur : Fonction de l'auditeur : <input type="checkbox"/> Directeur <input type="checkbox"/> Responsable SST <input type="checkbox"/> Contremaître <input type="checkbox"/> Autre employé autorisé		
Signature :		Date du pré-audit : / / Date de l'audit de l'application : / /
Prérequis (pré-audit)	✓ X N/A	Actions requises (si le prérequis n'est pas satisfait)
Général		
L'équipement a une procédure de cadenassage écrite (intelligible) pour la tâche ciblée.		Une procédure de cadenassage écrite et validée doit être accessible (exception : lorsque le débranchement d'une machine est à portée de main et sous le contrôle exclusif de la personne qui l'utilise, que la source d'énergie de la machine est unique et qu'il ne subsiste aucune énergie résiduelle à la suite du débranchement). L'audit doit être reporté jusqu'à ce qu'une procédure de cadenassage écrite et validée soit disponible.

<p>La procédure a été mise à jour ou modifiée en fonction des modifications récentes sur l'équipement sélectionné.</p>		<p>S'il y a eu des changements sur l'équipement ou pour la tâche, la procédure doit être vérifiée et mise à jour le cas échéant. La date de création, de révision et de mise à jour de chaque procédure de cadenassage doit être documentée. Ainsi, une vérification périodique des procédures est recommandée.</p>
<p>L'état général de l'équipement est adéquat (ex. identification et accessibilité des points de coupure des énergies, système de commande, protecteurs, etc.).</p>		<p>Un contrôle visuel est nécessaire pour vérifier l'état général de l'équipement. Les aspects de sécurité sont visés à ce point-ci.</p>
<p>Contenu de la procédure de cadenassage</p>		
<p>L'identification de l'équipement</p>		<p>Les éléments manquants doivent être ajoutés à la procédure de cadenassage. La norme CSA Z460-13 (7.3.2.4) et le RSST (art. 188.6 et 188.7) décrit le contenu minimal d'une procédure de contrôle des énergies dangereuses.</p>
<p>L'identification de la personne responsable de la procédure de cadenassage</p>		
<p>L'identification et la localisation de tout dispositif de commande et de toute source d'énergie de la machine</p>		
<p>L'identification et la localisation de tout point de coupure de chaque source d'énergie de la machine</p>		
<p>Le type et la quantité de matériel requis pour appliquer le cadenassage</p>		
<p>Les étapes permettant de contrôler les énergies :</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • la désactivation et l'arrêt complet de l'équipement 		
<ul style="list-style-type: none"> • l'élimination ou, si cela est impossible, le contrôle de toute source d'énergie résiduelle ou emmagasinée 		
<ul style="list-style-type: none"> • le cadenassage des points de coupure des sources d'énergie de l'équipement 		
<ul style="list-style-type: none"> • la vérification du cadenassage par l'utilisation d'une ou de plusieurs techniques permettant d'atteindre le niveau d'efficacité le plus élevé • le decadenassage et la remise en marche de l'équipement en toute sécurité 		
<p>Le cas échéant, les mesures visant à assurer la continuité de l'application de la procédure de cadenassage lors d'une rotation de personnel, notamment le transfert du matériel requis.</p>		

Le cas échéant, les particularités applicables telles que la libération de l'énergie résiduelle ou emmagasinée, les équipements de protection individuels (ÉPI) requis ou toute autre mesure de protection complémentaire.		
Matériel de cadenassage requis		
Le matériel requis pour l'application de la procédure (ex. morillon, couvre-valve, étiquette, boîte de cadenassage, etc.) est facilement accessible au poste de cadenassage ou à l'endroit déterminé.		Un contrôle visuel est nécessaire pour vérifier la disponibilité et l'accessibilité du matériel requis
Le matériel requis pour l'application de la procédure est en bon état.		Un contrôle visuel est nécessaire pour vérifier l'état du matériel.
La station de cadenassage est de manière générale en bon ordre (ex. propreté, présence du matériel autre que celui requis pour la procédure ciblée).		
Employé(es) autorisé(es) / Sous-traitant(s)		
Chaque employé autorisé (qui fera l'objet de l'audit) a été formé et remis à niveau le cas échéant.		Consulter les dossiers de formations. En règle générale, la fréquence des remises à niveau ne devrait pas dépasser trois ans, autrement dispenser une formation et documenter les dossiers. Les exigences de formation doivent être expliquées dans le programme de cadenassage.
Dans le cas d'un sous-traitant, une autorisation écrite a été délivrée avant qu'il n'entrepreneur des travaux dans la zone dangereuse.		L'autorisation écrite pour les sous-traitants doit être fournie avant l'application du cadenassage. Le programme de cadenassage explique les détails sur la gestion des sous-traitants.

Tableau 15. Outil d'autodiagnostic (audit) - Audit de l'application du cadenassage

Directive :		
Ayant préalablement étudié la procédure de cadenassage, l'auditeur connaît la procédure. En observant l'application du cadenassage par les employés autorisés ou les sous-traitants, il peut identifier des lacunes rapidement. Toutes les étapes de l'application de la procédure de cadenassage, de la préparation jusqu'au décadernassage, sont observées.		
Lisez attentivement les intitulés. Inscrire (✓) si une exigence est remplie; (X) si non rencontrée; (N/A) si non applicable. Si le cadenassage est appliqué par un sous-traitant, dans chaque intitulé, « employé autorisé » doit être remplacé par « sous-traitant ».		
Exigences	✓ X N/A	Note de l'auditeur
Étapes pour appliquer le cadenassage		
1	La procédure de cadenassage est facilement accessible (ex. affichée près de l'équipement, disponible sur l'intranet).	
2	Les employés autorisés vont chercher la procédure de cadenassage et prennent connaissance de son contenu.	
3	Les employés autorisés obtiennent le matériel et les dispositifs de cadenassage appropriés (ex. boîte de cadenassage, cadenas, morillon).	
4	Les employés autorisés préviennent les employés concernés avant l'application de la procédure de cadenassage.	
5	Les employés autorisés identifient toutes les sources d'énergie de l'équipement à cadenasser (selon la procédure).	
6	Les employés autorisés délimitent les lieux où les travaux sont effectués afin de protéger tout employé susceptible d'être exposé à un danger.	
7	L'équipement est arrêté suivant la procédure d'arrêt normal (ex. bouton d'arrêt).	
8	L'équipement est isolé de chaque source d'énergie (ex. à l'aide de sectionneur, disjoncteur, vanne).	
9	Les employés autorisés appliquent les dispositifs de cadenassage, les morillons, les cadenas personnels et les étiquettes d'information selon la procédure déterminée.	
10	Le type de cadenassage requis est respecté (ex. simple, de groupe).	

11	Toutes les énergies dangereuses résiduelles sont dissipées, confinées ou bloquées (ex. purge du système hydraulique ou pneumatique, libération d'un ressort comprimé, blocage d'un élément en hauteur ou le mettre au niveau du sol).		
12	L'étape de vérification (vérification de l'isolement) est effectuée conformément à la procédure établie pour s'assurer que l'équipement ne peut pas être utilisé ou redémarré (ex. appuyer sur le bouton de démarrage, mesurer la tension électrique ou la pression hydraulique, inspection visuelle des instruments de mesure par l'employé autorisé ou le superviseur).		
13	Dans le cas où plusieurs employés autorisés travaillent sur l'équipement, tous les employés qui entrent dans la zone dangereuse apposent leur(s) propre(s) cadenas conformément à la procédure établie.		
14	Dans le cas où plusieurs employés autorisés travaillent sur l'équipement, tous les employés ont la possibilité de participer à l'étape de vérification selon les modalités établies.		
15	En cas de changement de personnel ou de quart de travail, l'employé autorisé suit les instructions pour assurer la continuité du cadenassage.		
16	Dans le cas où un changement de type de cadenassage est requis, les employés autorisés suivent les instructions.		
Étapes pour le décadenassage			
17	Avant de décadenasser, les employés autorisés vérifient que les employés concernés sont en sécurité loin de l'équipement.		
17	L'équipement est inspecté pour s'assurer qu'il est prêt à être remis en service. Tous les composants de l'équipement sont intacts et en état de fonctionnement (ex. protecteur en place).		
19	Les cadenas ne sont enlevés que par les employés autorisés qui les ont appliqués.		
20	En cas d'absence d'un employé autorisé, le superviseur ou l'employeur suit les instructions du retrait d'un cadenas en l'absence de la personne autorisée.		

21	L'équipement est réalimenté selon la procédure établie.		
22	L'employé autorisé démarre l'équipement et vérifie que tout fonctionne correctement et que son travail est terminé (ex. s'assure que l'ensemble des travaux et des interventions est complété).		
23	Tous les employés concernés sont avertis de la fin de l'intervention.		
24	L'application de la procédure de cadenassage est enregistrée conformément à la méthode établie (ex. en remplissant un registre ou par archivage).		
Autres commentaires / problèmes observés :			

Au total, six entreprises et les experts du comité de suivi ont testé l'outil. Trois entreprises ont testé l'outil sur plusieurs équipements et une entreprise l'a testé sur un équipement avec un cadenassage de groupe. Il a été constaté que l'outil était clair, compréhensible et facile à utiliser. Cependant, selon les commentaires des entreprises et pour une utilisation maximale de l'outil, plusieurs étapes ont dû être modifiées (ex. ajout d'exemples). Quatre entreprises ont proposé d'ajouter plusieurs étapes à l'outil pour en assurer l'exhaustivité et la cohérence, par exemple :

- Prendre en compte que plusieurs personnes autorisées peuvent intervenir en même temps et que l'équipe peut changer en cours d'intervention.
- Prendre en compte le type de cadenassage effectué (ex. simple, de groupe). Prévoir le fait que le type de cadenassage peut changer en court d'intervention.
- Dans le pré-audit, vérifier aussi : (i) l'intégrité du matériel (est-ce que le matériel de cadenassage est en bon état?), (ii) la tenue de la station de cadenassage (ordre, propreté, présence du matériel autre que ceux requis pour la procédure ciblée)
- Dans la section sur l'identification et la localisation des points de coupure, il faut préciser l'identification sur la fiche, mais aussi l'identification sur le dispositif de coupure comme tel (ex. plaque avec numéro sur la bonne valve à cadenasser).
- Mettre une étiquette sur le cadenas qui mentionne qui fait les travaux et pour des entrepreneurs, leurs coordonnées pour les rejoindre facilement.

Suite à ces commentaires, l'outil a été ajusté. C'est la version ajustée qui a été présentée dans cette section. Les résultats dans les différentes entreprises dans différents secteurs ont démontré la validité du contenu de l'outil dans un contexte d'autodiagnostic.

6.3 Limites et avenues de recherche

Il convient de mentionner certaines limites dans la portée des résultats. Les organisations ont été recrutées en se basant sur une méthode d'échantillonnage par jugement, c'est-à-dire en sélectionnant des participants qui ont une base de connaissances riche sur un phénomène d'intérêt et qui ont la volonté de participer. Ainsi, la nature et la taille de cet échantillon ne permettent pas d'avoir un portrait représentatif de l'état du cadenassage dans l'ensemble des secteurs industriels. Ce n'était d'ailleurs pas l'objectif de l'étude. Cette étude visait plutôt par cet échantillonnage à identifier les difficultés que rencontrent les organisations lorsqu'elles implantent et appliquent le cadenassage. Il en est de même pour l'échantillon mis en place pour le test de l'outil d'autodiagnostic. Par ailleurs, la collecte de données par l'intermédiaire d'entrevues semi-dirigées implique une certaine dose d'interprétation lors de l'analyse. L'utilisation d'un guide d'entrevue et d'intervieweurs ayant une bonne connaissance du cadenassage dans le secteur industriel ont toutefois permis de limiter cette problématique. Enfin, les recommandations formulées dans ce rapport se fondent sur des références réglementaires et normatives ainsi que les bons coups dans certaines organisations (ex. audit). Une des avenues de recherche serait d'évaluer l'impact réel sur l'application du cadenassage et la sécurité des travailleurs de la mise en place et de l'utilisation de telles directives. L'impact d'un outil d'autodiagnostic tel que celui proposé serait également à évaluer.

7. CONCLUSION

Le cadenassage est le moyen principal prévu dans la réglementation québécoise pour réduire les risques associés aux situations dangereuses lors des interventions de type hors production sur des machines industrielles. Les précédentes recherches dans le cadre de la thématique sur le cadenassage de l'IRSST en collaboration avec Polytechnique Montréal indiquaient que les entreprises et organismes semblaient éprouver certaines difficultés lors de l'implantation du cadenassage. Les raisons sont souvent un mélange d'aspects techniques, organisationnels et de comportement humain. L'objectif de cette 5^e étude de la thématique était donc de faire un bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines dans différents secteurs d'activités. Cette étude visait aussi à être un premier point de repère sur l'application du cadenassage et de méthodes alternatives suite aux changements réglementaires de 2016 au Québec. Pour la première fois une étude scientifique s'est concentrée sur l'application du cadenassage sur des machines évoluant dans différents secteurs où un même règlement s'applique.

Un échantillon de 14 entreprises qui possèdent de l'expérience en matière de cadenassage a été constitué. La collecte de données a été effectuée selon les principes de la recherche qualitative par l'intermédiaire d'entrevues semi-dirigées, d'un guide d'entretien détaillé (questionnaire) et d'observations sur site. Des éléments ayant été identifiés comme problématiques lors des précédents travaux ont été spécifiquement ciblés : étape de vérification de la procédure, alternative au cadenassage, sous-traitance et audits. Il s'agissait aussi de comprendre comment les entreprises faisaient face à ces difficultés, d'identifier les solutions mises en place et de développer un outil pour l'audit de l'application du cadenassage.

Globalement, les principes de base du cadenassage étaient maîtrisés par les entreprises visitées : (i) présence d'un programme de cadenassage (document décrivant la politique de cadenassage), (ii) disponibilité de fiches ou procédures de cadenassage, (iii) formation du personnel autorisé, (iv) disponibilité du matériel pour le cadenassage (ex. cadenas personnel) et (v) identification des dispositifs d'isolement. On peut dire que la mise en place du cadenassage a atteint un certain niveau de maturité dans les entreprises visitées. Ce n'est toutefois pas encore le cas pour les méthodes alternatives au cadenassage, un concept encore peu maîtrisé dans les entreprises.

Nos résultats montrent que le programme de cadenassage ne constitue pas toujours une mesure précise des pratiques de cadenassage en vigueur dans les organisations. En d'autres termes, l'étude a montré que la pratique du cadenassage était souvent meilleure que celle expliquée dans les programmes de cadenassage pour la plupart des thèmes analysés. En tant que tels, les auditeurs ne peuvent pas compter uniquement sur des programmes écrits pour évaluer la pratique du cadenassage dans une organisation. Ces programmes sont très peu lus par les employés ou très peu utilisés lors des formations.

Par ailleurs, nous avons constaté quelques bonnes pratiques telles que : (i) l'utilisation systématique d'une boîte de cadenassage afin de structurer la continuité du cadenassage, la supervision des sous-traitants et les audits, (ii) l'accessibilité des procédures de cadenassage en les plaçant à proximité de l'équipement ou dans un endroit prédéterminé efficace et (iii) l'amélioration de la culture de sécurité au sein de l'entreprise par la formation des employés, l'organisation autour des responsables du cadenassage et la mise en place d'incitatifs. Par

ailleurs, la mise en place de dispositifs d'isolement à proximité des machines et de voyants lumineux pour tester l'absence d'énergie électrique semble se généraliser.

Bien que les résultats obtenus soient encourageants, des améliorations notables sont encore possibles. En résumé, les principales lacunes observées ont été les suivantes : (i) des programmes de cadenassage parfois incomplets (ex. audit, méthodes alternatives, appréciation du risque, formation et supervision des sous-traitants), (ii) une lecture et utilisation aléatoire des fiches de cadenassage par les employés lors de l'application du cadenassage, (iii) l'absence d'évaluation après des formations pratiques ou théoriques afin de s'assurer que les principes sont bien compris, (iv) des connaissances et une gestion en lien avec les méthodes alternatives insuffisantes (ex. absence de critères pour déterminer quand utiliser les méthodes alternatives, et quelles méthodes utiliser, absence de procédures spécifiques, formation inexistante sur ce point), (v) l'absence d'appréciation du risque pour la sélection et la validation des méthodes alternatives au cadenassage, (vi) des insuffisances dans la supervision des sous-traitants et la coordination des rôles et responsabilités et enfin (vii) l'absence d'audit formel et documenté spécifique au cadenassage. Des recommandations ont été effectuées pour ces thèmes en se basant sur la normalisation canadienne.

Au final, la gestion et la documentation autour de la pratique du cadenassage et de l'utilisation des méthodes alternatives peuvent être améliorées. Il s'agit de continuer à formaliser et à optimiser le système de contrôle des énergies mis en place. Sur ce point, les résultats montrent que l'audit de l'application du cadenassage est encore déficient dans la plupart des entreprises. Il s'agit pourtant d'un élément essentiel de sensibilisation, de formation et d'amélioration continue des pratiques. L'outil d'autodiagnostic proposé dans ce rapport pour l'audit de l'application du cadenassage assistera les entreprises dans cette démarche. L'outil proposé est original et spécifique au cadenassage. Il permet de vérifier à la fois la préparation du cadenassage avec un pré-audit et l'application des procédures en tant que telles. L'outil peut néanmoins être adapté aux besoins spécifiques des entreprises. Tout comme il est difficile de concevoir un outil universel d'estimation du risque, il est possible que les entreprises adaptent l'outil d'audit de l'application du cadenassage si requis. Nous pensons que ces modifications seront mineures, car les points les plus importants sont déjà abordés dans l'outil.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen, R. L. (2012). Machine safeguarding. *Professional Safety* 57(8), 66.
- American National Standard Institute. (2015). *Safety of machinery: General requirements & risk assessment electronic standard*. Norme ANSI B11.0. Park Ridge, IL: ANSI.
- American National Standards Institute et American Society of Safety Engineers. (2012). *Occupational health and safety management systems*. Norme ANSI/ASSE Z10. Park Ridge, IL: ANSI/ASSE.
- American National Standards Institute et American Society of Safety Engineers. (2016). *The control of hazardous energy, lockout, tagout and alternative methods*. Norme ANSI/ASSE Z244.1. Park Ridge, IL: ANSI/ASSE.
- Aneziris, O., Papazoglou, I., Konstandinidou, M., Baksteen, H., Mud, M., Damen, . . . Oh, J. (2013). Quantification of occupational risk owing to contact with moving parts of machines. *Safety Science*, 51(1), 382-396.
- Bahr, N. (2015). *System safety engineering and risk assessment: A practical approach* (2^e éd.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Bernard, H., Bouchard, P. et Deschênes, É. (2016). *Guide d'information sur les dispositions réglementaires : cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies*. Tiré de <http://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-1579web.pdf>
- Birkmire, J. C., Lay, J. R., et McMahon, M. C. (2007). Keys to effective third-party process safety audits. *Journal of Hazardous Materials*, 142(3), 574-581.
- Bricki, N. et Green, J. (2007). *A guide to using qualitative research methodology*. Londres, Angleterre: London School of Hygiene and Tropical Medicine.
- Blaise, J. C. et Welitz, G. (2010). *Operating on machinery out of production modes: Principles and accidentology*. Communication présentée à 6th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finlande.
- Brown, B. (2003). Keying in on lockout/tagout: A successful program requires a plan. *ISHN*, 37(4), 32.
- Bulzacchelli, M. T., Vernick, J. S., Sorock, G. S., Webster, D. W. et Lees, P. S. (2008). Circumstances of fatal lockout/tagout-related injuries in manufacturing. *American Journal of Industrial Medicine*, 51(10), 728-734.
- Burlet-Vienney D. (2018). *Démarche de contrôle des énergies : cadenassage et autres méthodes : équipements mobiles* (Rapport n° RG-1034). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-1034.pdf?v=2019-02-14>
- Burlet-Vienney D., Chinniah Y. et Aucourt, B. (2017). *Implantation du cadenassage des équipements mobiles dans le secteur municipal : étude exploratoire* (Rapport n° R-975). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-975.pdf?v=2019-02-12>
- Burlet-Vienney, D., Jocelyn, S., Chinniah, Y., Daigle, R. et Massé, S. (2009). *Vérification du contenu d'un programme de cadenassage* (Rapport n° RF-617). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RF-617.pdf>
- Canadian Standards Association. (2006). *Gestion de la santé et de la sécurité au travail*. Norme CSA Z1000. Mississauga, ON: CSA.
- Canadian Standards Association. (2013). *Control of hazardous energy: Lockout and other methods*. Norme CSA Z460. Mississauga, ON: CSA.
- Canadian Standards Association. (2015). *Workplace electrical safety*. Norme CSA Z462. Mississauga, ON: CSA.

- Canadian Standards Association. (2016). *Safeguarding of machinery*. Norme CSA Z432. Mississauga, ON: CSA.
- Chinniah, Y. (2010). Equipment lockout: A review of written lockout programs in Quebec. *Professional Safety*, 55(2), 38-43.
- Chinniah, Y. (2015). Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Safety Science*, 75, 163-173.
- Chinniah, Y., Aucourt, B. et Bourbonnière, R. (2017). *Étude sur la sécurité des machines lors des interventions en mode de vitesse ou d'efforts réduits* (Rapport n° R-888). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-888.pdf>
- Chinniah Y., Bahloul, A., Burlet-Vienney, D. et Roberge, B. (2016). *Développement d'un outil d'analyse du risque et de catégorisation des interventions en espace clos* (Rapport n° R-928). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-928.pdf>
- Chinniah, Y., Boukas, É-K, Burlet-Vienney, D., Pizarro-Chong, A., El-Aboudi, M., Sirard, C. et Daigle, R. (2009). *Étude exploratoire visant à évaluer la faisabilité du développement d'un outil d'observation et de suivi des procédures de cadenassage sur une presse à injection* (Rapport n° R-615). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-615.pdf>
- Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D., Paques, J.-J. et Boivin, G. (2012). *Secteur des affaires municipales au Québec : étude exploratoire du cadenassage* (Rapport n° R-741). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-741.pdf>
- Chinniah, Y., Champoux, M., Burlet-Vienney, D. et Daigle, R. (2008). *Analyse comparative des programmes et procédures de cadenassage appliquées aux machines industrielles* (Rapport n° R-587). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-587.pdf>
- Chinniah, Y., Gauthier, F., Aucourt, B. et Burlet-Vienney, D. (2018). Analysis of the impact of architectural flaws in six machine risk estimation tools. *Safety Science*, 101, 2018, 248-259.
- Chinniah, Y., Jocelyn, S., Aucourt, B. et Bourbonnière, R. (2014). *Sécurité des presses à injection plastique ayant des équipements périphériques lors des interventions de maintenance et de production en entreprises* (Rapport n° R-822). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-822.pdf>
- Chinniah, Y., Paques, J.-J. et Champoux, M. (2007). Risk assessment & reduction: A machine safety case study from Quebec. *Professional Safety*, 52(10).
- Crow, D. R. et Aeiker, J. D. (2013). *Auditing is a critical element in any electrical safety program*. Communication présentée à Electrical Safety Workshop (ESW), Dallas, TX (p. 85-93).
- Daoust A. (2003). *Le cadenassage une question de survie*. Napierville, QC: Groupe de communication Sansectra.
- Demirkesen, S. et Arditi, D. (2015). Construction safety personnel's perceptions of safety training practices. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1160-1169.
- Duijm, N. J. (2015). Recommendations on the use and design of risk matrices. *Safety Science*, 76, 21-31.
- Esposito, P. A. (2009). Safety audits: Comparing three types of assessments. *Professional Safety*, 54(12), 42.
- Gauthier F., Chinniah Y., Burlet-Vienney D., Aucourt, B. et Larouche, S. (2016). *Sécurité des machines : expérimentation pratique de paramètres et d'outils d'estimation du risque* (Rapport n° R-940). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-940.pdf>

- Gauthier F., Chinniah Y., Burlet-Vienney D., Aucourt B. et Larouche, S. (2018). Risk assessment in safety of machinery: Impact of construction flaws in risk estimation parameters. *Safety Science*, 109(11), 421-433.
- Gillham, B. (2000). *The research interview*. Londres, Angleterre: Continuum.
- Gouvernement du Québec, 2019a. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail, RLRQ*, c. S-2.1, r. 13.
- Gouvernement du Québec, 2019b. *Code de sécurité pour les travaux de construction*, c. S-2.1, r. 4.
- Grund, E. (1995). *Lockout/tagout: The process of controlling hazardous energy*. Itasca, IL: National Safety Council.
- Hale, A. et Borys, D. (2013). Working to rule, or working safely?: Part 1: A state of the art review. *Safety Science*, 55, 207-221.
- Huang, Y. H. et Brubaker, S. A. (2006). Safety auditing: Applying research methodology to validate a safety audit tool. *Professional Safety*, 51(1), 36.
- Institut National de Recherche et de Sécurité (2014). *Consignations et déconsignations*. Paris, France: INRS.
- Institut National de Recherche et de Sécurité (2014). *Sécurité des machines : modes de fonctionnement protections neutralisées*. Paris, France: INRS.
- International Organization for Standardization. (2000). *Safety of machinery: Prevention of unexpected start-up*. Norme ISO 14118. Genève, Suisse: ISO.
- International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission. (2009). *Risk management: Risk assessment techniques*. Norme ISO/IEC 31010. Genève, Suisse: ISO/IEC.
- International Organization for Standardization. (2010). *Safety of machinery: General principles for design: Risk assessment and risk reduction*. Norme ISO 12100. Genève, Suisse: ISO.
- International Organization for Standardization. (2015). *Safety of machinery: Safety-related parts of control systems: Part 1: General principles for design*. Norme ISO 13849-1. Genève, Suisse: ISO.
- Jamil, S., Aeiker, J. D. et Crow, D. R. (2010). Auditing is key. *Industry Applications Magazine*, 16(1), 47-56.
- Kane, F. (12 novembre 1999). OSHA survey finds 85 % of employers do self-audits of safety and health conditions in workplaces. [Communiqué de presse]. Washington, DC: OSHA.
- Kaskutas, V. K., Dale, A. M., Lipscomb, H. J. et Evanoff, B. A. (2008). Development of the St. Louis audit of fall risks at residential construction sites. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 14(4), 243-249.
- Karimi, B., Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D. et Aucourt, B. (2018). Qualitative study on the control of hazardous energy on machinery using lockout and alternative methods. *Safety Science*, 107, 22-34.
- Kelley, S. (2001). *Lockout tagout: A practical approach*. American Society of Safety Engineers. Park Ridge, IL: ASSE.
- Kelso, S. A., Stangherlin, A. M. et Mann, D. D. (2008). Evaluation of mechanical tractor pedal extensions. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 14(4), 441-459.
- Laforest, J. et Rainville, M. (2011). *Trousse diagnostique de sécurité à l'intention des collectivités locales : guide d'organisation d'entretiens semi-dirigés avec des informateurs clés* (2^e éd.). Tiré de http://www.crpspc.qc.ca/Guide_entretien_version_WE_B.pdf
- Main, B. W. et Grund, E. V. (2017). Hazardous energy: The battle for control in the standards arena. *Professional Safety*, 62(10), 45.

- Manuele, F. A. (2005). Risk assessment & hierarchies of control. *Professional Safety*, 50(5), 33-39.
- Meyer, D. Z. et Avery, L. M. (2009). Excel as a qualitative data analysis tool. *Field Methods*, 21(1), 91-112.
- National Fire Protection Association. (2015). *Standard for electrical safety in the workplace*. Norme NFPA 70E. Quincy, MA: NFPA.
- Nunes, I. L. (2012). The nexus between OSH and subcontracting. *Work*, 41(S1), 3062-3068.
- Ontario Ministry of Labor. (2016). The Ministry of Labour's proactive inspection blitzes: Workplace inspection blitzes and initiatives. Mississauga, ON: Workplace Safety & Prevention Services.
- OSHA. (1989). *Regulations standards: 29 C.F.R: The control of hazardous energy (lockout/tagout)*. Norme OSHA 1910.147. Washington, DC: US Department of Labor.
- OSHA. (2015). *Top 10 most frequently cited standards for fiscal 2015: Oct. 1, 2014, to Sept. 30, 2015*. Washington, DC: US Department of Labor.
- OSHA. (2016). *Top 10 most frequently cited standards for fiscal 2016: Oct. 1, 2015, to Sept. 30, 2016*. Washington, DC: US Department of Labor.
- Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N. et Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5), 533-544.
- Parker, D.-L., Yamin, S.-C., Xi, M., Brosseau, L.-M., Gordon, R., Most, I.-G. et Stanley, R. (2016). Findings from the national machine guarding program: A small business intervention: Lockout/tagout. *American College of Occupational and Environmental Medicine*, 58(1), 61-68.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3^e ed.). Londres, Angleterre : Sage Publications.
- Poisson, P. et Chinniah, Y. (2015). Observation and analysis of 57 lockout procedures applied to machinery in 8 sawmills. *Safety Science*, 72, 160-171.
- Poisson, P. et Chinniah, Y. (2016). Managing risks linked to machinery in sawmills by controlling hazardous energies: Theory and practice in eight sawmills. *Safety Science*, 84, 117-130.
- Rasnic, R. et Capps, J.A. (2004). *Machine guarding, lockout/tagout, and the interlocked guard*. Communication présentée à International Mechanical Engineering Congress and Exposition. Anaheim, CA, États-Unis.
- Ray, P. S., Bishop, P. A. et Wang, M. Q. (1997). Efficacy of the components of a behavioral safety program. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(1), 19-29
- Robson, L. S., Macdonald, S., Van Eerd, D. L., Gray, G. C. et Bigelow, P. L. (2010). Something might be missing from occupational health and safety audits: Findings from a content validity analysis of five audit instruments. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52(5), 536-543.
- Semiconductor Equipment and Materials Institute (2010). *Safety guideline for risk assessment and risk evaluation process*. Norme SEMI S10-0307E. Milpitas, CA: SEMI.
- Shaw, S. (2010). *Machinery accidents: Contributory factors*. Communication présentée à 6th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, Tampere, Finlande.
- Statistique Canada. (2013). *Échantillonnage non probabiliste*. Tiré de <https://www.statcan.gc.ca/edu/power-pouvoir/ch13/nonprob/5214898-fra.htm#a3>
- Wright, J. O. Jr. (2003). *Evaluation of workplace safety performance: A case study of an auditing process*. (Thèse de doctorat, Iowa State University, Ames, IA).

Yamin, S. C., Parker, D. L., Xi, M. et Stanley, R. (2017). Self-audit of lockout/tagout in manufacturing workplaces: A pilot study. *American Journal of Industrial Medicine*, 60(5), 504-509.

Zoubek, P. (2015). The lockout exemption. *Professional Safety*, 60(4), 57.

ANNEXE A : GUIDE D'ENTREVUE

Tableau 16. Questionnaire – Synthèse de la visite

Organisme	Nom : Secteur d'activité : Comité SST paritaire? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Nombre de travailleurs (PE [<100], ME [<500], GE [>500]):
Date de la visite	
Personne contact	Nom : Fonction : Tél. professionnel : Courriel :
Personnes interviewées	Nom : Fonction : Tél. professionnel : Courriel :
	Nom : Fonction : Tél. professionnel : Courriel :
	Nom : Fonction : Tél. professionnel : Courriel :
	Nom : Fonction : Tél. professionnel : Courriel :
	Nom : Fonction : Tél. professionnel : Courriel :
Rempli par	

Tableau 17. Questionnaire – Documents récupérés

Programme de cadenassage	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Procédures de cadenassage	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Procédures méthodes alternatives au cadenassage	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Documents de formation	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Outil d'audit	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Rapports d'audit	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Historique d'application	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Autres	

Tableau 18. Questionnaire - Programme de cadenassage de l'organisme

Programme de cadenassage (et autres méthodes de contrôle des énergies) ⁽¹⁰⁾	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non. Pourquoi?
Élaboration du programme de cadenassage ⁽¹¹⁾ (RSST, art. 188.1)	Date d'élaboration ⁽¹¹⁰⁾ : Date de dernière révision ⁽¹¹¹⁾ : Qui a élaboré le programme? ⁽¹¹²⁾ Pourquoi a-t-il été élaboré? Quel a été le déclencheur? ⁽¹¹³⁾ Quels documents/sources ont été utilisés pour le rédiger? ⁽¹¹⁴⁾ <input type="checkbox"/> RSST. Art. : La norme CSA Z460 est-elle utilisée? ⁽¹¹⁵⁾ <input type="checkbox"/> Oui. Pour quels éléments? <input type="checkbox"/> Non. Pourquoi? C'est quoi le cadenassage pour vous? <i>(RSST, art. 188.1)</i> ⁽¹¹⁶⁾
Utilisation du programme de cadenassage ⁽¹²⁾	Comment le programme est-il utilisé (ex. diffusion, accessibilité aux travailleurs)? ⁽¹²⁰⁾ Comment est-il perçu par les travailleurs? ⁽¹²¹⁾
Rôles et responsabilités ⁽¹³⁾	Comment sont partagés les rôles et responsabilités des directeurs, des contremaîtres, du personnel de maintenance, du personnel d'opération? ⁽¹³⁰⁾

Tableau 19. Questionnaire - Application cadenassage

Équipements ciblés ⁽²⁰⁾	<p>Approximativement, combien de machines ou d'équipement avez-vous? ⁽²⁰⁰⁾</p> <p>Quels sont vos principaux équipements? ⁽²⁰¹⁾</p> <p>Y a-t-il des équipements/machines qui ne font pas partie du programme de cadenassage (et autres méthodes)? ⁽²⁰²⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui, pourquoi? <i>(RSST, art. 188.2)</i> ⁽²⁰³⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exclusion selon l'art. 188.2 alinéa 1 du RSST : « le travail est effectué dans la zone dangereuse d'une machine qui dispose d'un mode de commande spécifique tel que défini à l'article 189.1 » : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non - Exclusion selon l'art. 188.2 alinéa 2 du RSST : « le débranchement d'une machine est à portée de main et sous le contrôle exclusif de la personne qui l'utilise, que la source d'énergie de la machine est unique et qu'il ne subsiste aucune énergie résiduelle à la suite du débranchement » : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non - Autres (ex. une seule source d'énergie) : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <p>Le cas échéant, comment ces cas d'exceptions sont-ils gérés? ⁽²⁰⁴⁾</p>																
Activités et personnels ciblés ⁽²¹⁾	<p>Pour quelles activités faites-vous du cadenassage? <i>(RSST, art. 188.2)</i> ⁽²¹⁰⁾</p> <table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Montage</td> <td><input type="checkbox"/> Désassemblage</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Installation</td> <td><input type="checkbox"/> Nettoyage</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ajustement</td> <td><input type="checkbox"/> Maintenance</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Inspection</td> <td><input type="checkbox"/> Remise à neuf</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Décoïçage</td> <td><input type="checkbox"/> Réparation</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Réglage</td> <td><input type="checkbox"/> Modification</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Mise hors d'usage</td> <td><input type="checkbox"/> Déblocage</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Entretien</td> <td><input type="checkbox"/> Autres :</td> </tr> </table> <p>Parmi celles citées, quelles sont les plus fréquentes? ⁽²¹¹⁾</p> <p>Quels critères utilisez-vous pour déterminer si une activité nécessite d'appliquer une procédure de cadenassage? <i>(RSST, art. 188.2)</i> ⁽²¹²⁾</p> <p>Quels groupes de travailleurs sont concernés par le cadenassage? ⁽²¹³⁾</p>	<input type="checkbox"/> Montage	<input type="checkbox"/> Désassemblage	<input type="checkbox"/> Installation	<input type="checkbox"/> Nettoyage	<input type="checkbox"/> Ajustement	<input type="checkbox"/> Maintenance	<input type="checkbox"/> Inspection	<input type="checkbox"/> Remise à neuf	<input type="checkbox"/> Décoïçage	<input type="checkbox"/> Réparation	<input type="checkbox"/> Réglage	<input type="checkbox"/> Modification	<input type="checkbox"/> Mise hors d'usage	<input type="checkbox"/> Déblocage	<input type="checkbox"/> Entretien	<input type="checkbox"/> Autres :
<input type="checkbox"/> Montage	<input type="checkbox"/> Désassemblage																
<input type="checkbox"/> Installation	<input type="checkbox"/> Nettoyage																
<input type="checkbox"/> Ajustement	<input type="checkbox"/> Maintenance																
<input type="checkbox"/> Inspection	<input type="checkbox"/> Remise à neuf																
<input type="checkbox"/> Décoïçage	<input type="checkbox"/> Réparation																
<input type="checkbox"/> Réglage	<input type="checkbox"/> Modification																
<input type="checkbox"/> Mise hors d'usage	<input type="checkbox"/> Déblocage																
<input type="checkbox"/> Entretien	<input type="checkbox"/> Autres :																

	<p>Quels groupes de travailleurs appliquent les procédures de cadenassage? ⁽²¹⁴⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Opérateurs</p> <p><input type="checkbox"/> Personnels de maintenance</p> <p><input type="checkbox"/> Sous-traitants</p> <p><input type="checkbox"/> Autres :</p> <p>Quels types de cadenassage sont pratiqués dans l'organisme? (Répartition des applications) ⁽²¹⁵⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Individuel (.....%)</p> <p><input type="checkbox"/> Groupe (1 boîte) (.....%)</p> <p><input type="checkbox"/> Groupe complexe (> 1 boîte) (.....%)</p> <p><input type="checkbox"/> Autre :</p>
Énergies à cadenasser ⁽²²⁾	<p><input type="checkbox"/> Électrique <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Hydraulique</p> <p><input type="checkbox"/> Pneumatique <input type="checkbox"/> Chimique <input type="checkbox"/> Thermique</p> <p>Autres :</p> <p>Notes (ex. énergies les plus présentes, défis) :</p>
Élaboration et gestion des procédures (fiches) de cadenassage ⁽²³⁾	<p>Combien de procédures de cadenassage (fiches) avez-vous (ou y a-t-il à faire)? ⁽²³⁰⁾</p> <p>Avez-vous élaboré des procédures par tâche ou par équipement? (RSST, art. 188.5) ⁽²³¹⁾ <input type="checkbox"/> Par équipement <input type="checkbox"/> Par tâche</p> <p>Avez-vous un logiciel de gestion des procédures? ⁽²³²⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui : Lequel?</p> <p>Quels ont été les critères de sélection?</p> <p>Le logiciel est-il lié au système de gestion de la maintenance?</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>En êtes-vous satisfait? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Décrivez le processus pour créer et valider les procédures de cadenassage? ⁽²³³⁾</p> <p>Vos procédures sont-elles révisées périodiquement? (RSST, art. 188.5) ⁽²³⁴⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui : Quand?</p> <p><input type="checkbox"/> À une fréquence préétablie :</p> <p><input type="checkbox"/> Chaque fois qu'un équipement est modifié</p> <p><input type="checkbox"/> Chaque fois qu'une défaillance est signalée</p>

	<p>Comment vos procédures sont-elles modifiées? ⁽²³⁵⁾</p> <p>Comment sont-elles rendues accessibles sur les lieux où s'effectue le travail? (RSST, art. 188.5) ⁽²³⁶⁾</p> <p>Comment l'application des procédures de cadenassage est-elle consignée? (RSST, art. 188.5) ⁽²³⁷⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Procédures de cadenassage (papier ou électronique) remplies et signées</p> <p><input type="checkbox"/> Registre des applications</p> <p><input type="checkbox"/> Autre :</p> <p>Quelle est la durée de l'archivage?</p>
<p>Contenu des procédures de cadenassage ⁽²⁴⁾</p>	<p>Les éléments suivants sont-ils présents dans vos procédures de cadenassage? (RSST, art. 188.6 et 188.7) ⁽²⁴⁰⁾</p> <p><input type="checkbox"/> 1° Identification de la machine (et emplacement).</p> <p><input type="checkbox"/> 2° Identification de la personne responsable de la méthode de contrôle des énergies (personne responsable de l'élaboration de la procédure).</p> <p><input type="checkbox"/> 3° Identification et localisation de tout dispositif de commande de la machine.</p> <p><input type="checkbox"/> 3° Identification et localisation de toute source d'énergie de la machine.</p> <p><input type="checkbox"/> 4° Identification et localisation de tout point de coupure de chaque source d'énergie de la machine.</p> <p><input type="checkbox"/> 5° Type et quantité de matériel requis pour appliquer la méthode (ex. nombre de cadenas, de cales).</p> <p><input type="checkbox"/> 6° Étapes permettant de contrôler les énergies :</p> <p><input type="checkbox"/> 1° Désactivation et arrêt complet de la machine.</p> <p><input type="checkbox"/> 2° Élimination ou, si cela est impossible, le contrôle de toute source d'énergie résiduelle ou emmagasinée.</p> <p><input type="checkbox"/> 3° Cadenassage des points de coupure des sources d'énergie de la machine.</p> <p><input type="checkbox"/> 4° Vérification du cadenassage par l'utilisation d'une ou plusieurs techniques permettant d'atteindre le niveau d'efficacité le plus élevé.</p> <p><input type="checkbox"/> 5° Décadenassage et remise en marche de la machine en toute sécurité.</p> <p><input type="checkbox"/> 7° (le cas échéant) Mesures visant à assurer la continuité de l'application de la méthode de contrôle des énergies lors d'une rotation de personnel, notamment le transfert du matériel requis.</p> <p><input type="checkbox"/> 8° (le cas échéant) Particularités applicables, telles que la libération de l'énergie résiduelle ou emmagasinée, les équipements de protection individuelle requis ou toute autre mesure de protection complémentaire</p> <p>Notes :</p> <p>Pouvez-vous élaborer sur l'étape de vérification (difficultés, méthodes)? ⁽²⁴¹⁾</p> <p>Pouvez-vous élaborer sur l'étape de décadenassage/remise en service (difficultés, méthodes)? ⁽²⁴²⁾</p>

	<p>Les procédures de cadenassage doivent être dans une transcription intelligible (<i>RSST, art. 188.5</i>). Quelles mesures ont été prises afin de faciliter la compréhension des procédures et d'éviter les erreurs (ex. photo, pictogramme, simplification)? ⁽²⁴³⁾</p>
<p>Application des procédures de cadenassage ⁽²⁵⁾</p>	<p>Combien de procédures de cadenassage sont appliquées par quart de travail (approximativement)? ⁽²⁵⁰⁾</p> <p>Quelle est la durée moyenne d'une procédure de cadenassage (application + travaux + remise en service)? ⁽²⁵¹⁾</p> <p>Le temps nécessaire pour appliquer une procédure de cadenassage en comparaison de la durée des travaux à effectuer peut-il être un problème (temps de cadenassage trop long par rapport à la durée de l'intervention)? ⁽²⁵²⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Parmi les étapes suivantes, lesquelles sont effectuées lors de l'application d'une procédure de cadenassage dans votre organisme? ⁽²⁵³⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Pour chaque personne ayant accès à la zone dangereuse, suivre la procédure de cadenassage et appliquer son cadenas personnel (<i>RSST, art. 188.3</i>)</p> <p><input type="checkbox"/> Lire la fiche de cadenassage</p> <p style="padding-left: 40px;"><input type="checkbox"/> Systématiquement <input type="checkbox"/> Parfois</p> <p style="padding-left: 40px;">Incitez-vous le personnel à utiliser la procédure de cadenassage?</p> <p style="padding-left: 40px;"><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p style="padding-left: 40px;">Si oui, comment?</p> <p><input type="checkbox"/> Déterminer le matériel nécessaire avec la fiche de cadenassage</p> <p><input type="checkbox"/> Informer le personnel concerné par les travaux</p> <p><input type="checkbox"/> Délimiter les lieux des travaux (<i>RSST, art. 323</i>)</p> <p><input type="checkbox"/> Mettre une étiquette d'information</p>
<p>Matériel cadenassage ⁽²⁶⁾</p>	<p>Quels types de dispositifs de coupure et d'isolement utilisez-vous (ex. sectionneur, valve)? ⁽²⁶⁰⁾</p> <p>Quels types de dispositifs de dissipation et de blocage utilisez-vous (ex. cales, drains)? ⁽²⁶¹⁾</p> <p>Ces dispositifs (coupure, isolement, dissipation, blocage) sont-ils? ⁽²⁶²⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Codifiés Si oui, comment? Par qui? Sur quelle base?</p> <p><input type="checkbox"/> Cadenassables (on peut mettre un cadenas dessus)</p> <p><input type="checkbox"/> Accessibles facilement (bonne hauteur, visible, pas besoin de parcourir de longue distance)</p> <p>Tous les équipements ont-ils des dispositifs de coupure à proximité et indépendants? ⁽²⁶³⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Lors de l'achat d'un équipement (devis), demandez-vous que l'équipement puisse être facilement cadenassé? ⁽²⁶⁴⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>

	<p>Combien de postes de cadenassage avez-vous? ⁽²⁶⁵⁾</p> <p>Où sont-ils placés? ⁽²⁶⁶⁾</p> <p>Que contiennent vos postes de cadenassage? ⁽²⁶⁷⁾</p> <p>Matériel de cadenassage et utilisation : (<i>RSST, art. 188.11</i>) ⁽²⁶⁸⁾</p> <ul style="list-style-type: none">- Cadenas à cléage unique et personnalisés: <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non- Garder la clé de son cadenas en son contrôle : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non- Étiquettes d'information : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non- Utilisation d'un morillon : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non- Utilisation de boîte de cadenassage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non- Accessoire de cadenassage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non <p>Lesquels :</p> <p>Matériel utilisé uniquement pour le cadenassage : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment vous gérer le double des clés ou la clé maîtresse (si applicable) :</p> <p>Pour l'utilisation de cadenas non personnalisés (ex. prêt), avez-vous un registre? (<i>RSST, art. 188.11</i>) ⁽²⁶⁹⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <ul style="list-style-type: none">- Si, oui, le registre contient-il les éléments suivants :<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Identification de chaque cadenas à cléage unique<input type="checkbox"/> Nom et numéro de téléphone de chaque personne à qui un cadenas est remis<input type="checkbox"/> Nom et numéro de téléphone de l'employeur de chaque travailleur à qui a été remis un cadenas (le cas échéant)<input type="checkbox"/> Date et heure à laquelle est remis le cadenas<input type="checkbox"/> Date et heure à laquelle le cadenas est retourné- Sinon, comment gérez-vous ce genre de situation?
Gestion de cas particuliers ⁽²⁷⁾	<p>Avez-vous un quart du soir? ⁽²⁷⁰⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Y a-t-il une différence dans l'application du cadenassage entre le quart du jour et le quart du soir? ⁽²⁷¹⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment est assurée la continuité du cadenassage (ex., lors d'un changement de quart ou pour indiquer que l'intervention n'est pas terminée)? ⁽²⁷²⁾</p> <ul style="list-style-type: none">- Moyen utilisé :- Personne responsable :- Procédure à suivre : <p>Y a-t-il des difficultés d'application en lien avec la méthode choisie pour assurer la continuité? ⁽²⁷³⁾</p> <p>Avez-vous une procédure de retrait de cadenas en cas d'oubli ou de perte d'une clé? (<i>RSST, art. 188.12</i>) ⁽²⁷⁴⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Cette procédure contient-elle les éléments suivants? ⁽²⁷⁵⁾</p>

- Joindre le travailleur concerné.
- Lui demander de se présenter s'il est encore sur les lieux de travail ou de revenir sur les lieux de travail si celui-ci n'est plus sur les lieux de travail afin de retirer son cadenas.

Si cela n'est pas possible pour le travailleur de revenir sur les lieux de travail, l'employeur doit alors :

- Faire une inspection minutieuse et évaluer l'état de l'équipement et de l'environnement
- Être accompagné d'un représentant de l'association accréditée dont la personne est membre, ou à défaut d'un travailleur présent sur les lieux et désigné par cet employeur
- Procéder au retrait du cadenas
- Consigner le retrait par écrit et conserver le document en question pendant au moins un an.

Dans le cas où la personne est absente comment le cadenas est-il retiré? ⁽²⁷⁶⁾

- Utilisation d'une clé maîtresse ou d'un double

Détails sur la gestion des clés :

- Autre :

Y a-t-il des difficultés d'application en lien avec la procédure de retrait des cadenas en cas d'absence de la personne qui a posé le cadenas? ⁽²⁷⁷⁾

Tableau 20. Questionnaire - Autres méthodes de contrôle des énergies

<p>Non-application des procédures dans certaines situations ou certaines étapes ⁽³⁰⁾</p>	<p>Avez-vous des exemples de non-application d'une procédure de cadenassage alors qu'elle aurait dû l'être? ⁽³⁰⁰⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Avez-vous des exemples de passés proches ou d'accidents causés par des lacunes au niveau de l'application du cadenassage? ⁽³⁰¹⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Avez-vous des mesures disciplinaires en cas de non-application du cadenassage (ex. avertissement verbal/écrit, congé, renvoi)? ⁽³⁰²⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>
<p>Alternatives au cadenassage ⁽³¹⁾</p>	<p>Avez-vous des interventions où vous ne faites pas du cadenassage et utilisez des méthodes alternatives (ex. déblocage, machine commandée à distance)? ⁽³¹⁰⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui, sur quels équipements, quels types d'interventions et pour quelles raisons? ⁽³¹¹⁾</p> <p>Quels critères sont utilisés pour cibler les tâches qui nécessitent l'application d'une méthode alternative au cadenassage plutôt qu'une procédure de cadenassage (ex. CSA Z460. S.7.4.2)? (RSST, art. 188.2) ⁽³¹²⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Besoin en énergie</p> <p><input type="checkbox"/> Fait partie intégrante du processus de production (CSA Z460. S.7.4.2) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Être de courte durée <input type="checkbox"/> Être d'envergure relativement mineure <input type="checkbox"/> Se produire fréquemment au court d'un quart de travail ou de la journée de production <input type="checkbox"/> Être généralement exécuté par des opérateurs, les personnes chargées des réglages et le personnel d'entretien <input type="checkbox"/> Représenter des activités cycliques prédéterminées <input type="checkbox"/> Interrompre le moins possible le processus de production <input type="checkbox"/> Être nécessaire même lorsque les niveaux d'exploitation optimaux sont atteints <input type="checkbox"/> Exiger du personnel une formation particulière <p>Quelles sont les méthodes alternatives au cadenassage que vous utilisez? ⁽³¹³⁾</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mode de commande prioritaire sur les autres modes, commande à action maintenue et vitesse réduite (RSST, art.189.1) <input type="checkbox"/> Protecteur avec verrouillage <input type="checkbox"/> Bouton de commande verrouillé avec un cadenas <input type="checkbox"/> Bouton d'AU <input type="checkbox"/> Bouton d'AU avec clé <input type="checkbox"/> Dispositif de sécurité (rideau, laser, caméra, tapis sensible, etc.) <input type="checkbox"/> Permis d'entrée dans la zone dangereuse <input type="checkbox"/> Balisage de la zone, avertissement/signalisation <input type="checkbox"/> Outil permettant de rester en dehors de la zone de danger <input type="checkbox"/> ÉPI <input type="checkbox"/> Autres : <p>Si la méthode alternative implique le système de commande, validez-vous sa fiabilité (cf. ISO13849)? ⁽³¹⁴⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>

Si oui, comment?

Avez-vous une procédure écrite pour les méthodes alternatives au cadenassage?
(315) Oui Non

Que contient cette procédure écrite? (316)

- 1° Identification de la machine (et emplacement).
- 2° Identification de la personne responsable de la méthode de contrôle des énergies (personne responsable de l'élaboration de la procédure).
- 3° Identification et localisation de tout dispositif de commande de la machine.
- 3° Identification et localisation de toute source d'énergie de la machine.
- 4° Identification et localisation de tout point de coupure de chaque source d'énergie de la machine.
- 5° Type et quantité de matériel requis pour appliquer la méthode (ex. nombre de cadenas, de cales).
- 6° Étapes permettant de contrôler les énergies
- 7° (le cas échéant) Mesures visant à assurer la continuité de l'application de la méthode de contrôle des énergies lors d'une rotation de personnel, notamment le transfert du matériel requis.
- 8° (le cas échéant) Particularités applicables, telles que la libération de l'énergie résiduelle ou emmagasinée, les équipements de protection individuelle requis ou toute autre mesure de protection complémentaire

Peut-on avoir une copie? Oui Non

Quelles mesures ont été prises afin de faciliter la compréhension des procédures et d'éviter les erreurs (ex. photo, pictogramme, simplification)? (317)

Comment sont-elles rendues accessibles sur les lieux où s'effectue le travail?
(RSST, art. 188.5) (318)

Comment l'application des procédures alternatives au cadenassage est-elle consignée? (RSST, art. 188.5) (237)

- Procédures (papier ou électronique) remplies et signées
- Registre des applications
- Autre :

Quelle est la durée de l'archivage?

Pour choisir la méthode alternative au cadenassage, avez-vous fait une analyse de risque? (RSST, art. 188.4) (315) Oui Non

Les résultats de cette analyse sont-ils consignés par écrit? (RSST, art. 188.4) (316)
 Oui Non

Documentez-vous?

- les caractéristiques de la machine
- l'identification des risques pour la SST lors de l'utilisation de l'équipement
- l'estimation de la fréquence et de la gravité des lésions professionnelles potentielles pour chaque risque identifié
- la description des mesures de prévention applicables pour chaque risque identifié

	<p><input type="checkbox"/> l'estimation du niveau de réduction du risque ainsi obtenue et l'évaluation des risques résiduels</p> <p>Notion de sécurité équivalente au cadenassage :</p> <p>Quel outil avez-vous utilisé pour cela? ⁽³¹⁷⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Outil de la CNESST/IRSST</p> <p><input type="checkbox"/> Autre (et pourquoi pas l'outil de la CNESST/IRSST) :</p> <p>Un ingénieur est impliqué dans l'analyse du risque? ⁽³¹⁸⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Un ingénieur est impliqué dans l'évaluation des moyens de réduction du risque? ⁽³¹⁸⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Que pensez-vous de l'art. 188.4 et du concept d'analyse de risque pour choisir une méthode alternative à défaut? ⁽³¹⁹⁾</p>
--	--

Tableau 21. Questionnaire - Sous-traitance

<p>Gestion des sous-traitants (employeurs ou travailleurs autonomes) ⁽⁴⁰⁾</p>	<p>Quelles activités en lien avec les procédures de cadenassage sont sous-traitées dans l'organisme? ⁽⁴⁰⁰⁾</p> <p>Vos sous-traitants obtiennent-ils une autorisation écrite avant d'entreprendre un travail dans la zone dangereuse d'un équipement? <i>(RSST, art. 188.9 et 188.10)</i> ⁽⁴⁰¹⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Un représentant pour chaque partie est-il désigné à cet effet? ⁽⁴⁰²⁾</p> <p>Lorsqu'il y a plusieurs sous-traitants qui interviennent dans la zone dangereuse d'un équipement, comment les travaux sont coordonnés (ex. rôles et responsabilités, communication)? <i>(RSST, art. 188.10)</i> ⁽⁴⁰³⁾</p> <p>Comment vos sous-traitants appliquent-ils les procédures de cadenassage ou autres méthodes de contrôle des énergies sur vos installations? ⁽⁴⁰⁴⁾</p> <p>Comment les sous-traitants accèdent aux procédures de cadenassage ou autres méthodes de contrôle des énergies? ⁽⁴⁰⁵⁾</p> <p>Quel matériel (ex. cadenas, accessoires) est utilisé? ⁽⁴⁰⁶⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Celui du sous-traitant <input type="checkbox"/> Celui de l'organisme « hôte »</p> <p>Comment les sous-traitants effectuent le test de vérification? ⁽⁴⁰⁷⁾</p> <p>Est-ce que vous vous assurez que les sous-traitants ont reçu une formation sur le cadenassage ou autres méthodes de contrôle des énergies? ⁽⁴⁰⁸⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui, comment?</p> <p><input type="checkbox"/> Formation des sous-traitants sur vos installations</p> <p><input type="checkbox"/> Autre :</p> <p>Leurs activités de cadenassage ou autres méthodes de contrôle des énergies sont-elles documentées et auditées? <i>(RSST, art. 188.9 et 188.10)</i> ⁽⁴⁰⁹⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>
---	---

Tableau 22. Questionnaire - Formation et information

Gestion de la formation et de l'information ⁽⁵⁰⁾	<p>Qui est formé au cadenassage et aux autres méthodes de contrôle des énergies? <i>(RSST, art. 188.8)</i> ⁽⁵⁰⁰⁾</p> <p>La formation du personnel s'effectue-t-elle? ⁽⁵⁰¹⁾ <input type="checkbox"/> En interne <input type="checkbox"/> En externe</p> <p>Quelle est la durée de la formation? ⁽⁵⁰²⁾</p> <p>Quels sont les objectifs et le contenu de la formation (ex. parties pratique et théorique, PPT, démonstration, modules, individuelle ou de groupe, etc.)? ⁽⁵⁰³⁾</p> <p>Est-ce que la formation est spécifique aux types d'interventions ou corps de métier? ⁽⁵⁰⁴⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, pouvez-vous élaborer?</p> <p>Comment est-ce que les nouveaux travailleurs en particulier sont-ils pris en charge et formés? ⁽⁵⁰⁵⁾</p> <p>Remettez-vous de la documentation? ⁽⁵⁰⁶⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, peut-on avoir une copie? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Y a-t-il une évaluation des acquis à la fin de la formation? ⁽⁵⁰⁷⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui, sous quelle forme?</p> <p>Gardez- vous une liste des noms des personnes formées pour savoir qui a été formé et quand? ⁽⁵⁰⁸⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Quelles sont la fréquence et les raisons de la remise à niveau? ⁽⁵⁰⁹⁾</p> <p>En plus des formations, y a-t-il des sessions d'information occasionnelles plus spécifique sur certaines problématiques (ex. matériel, procédure, changements)? <i>(RSST, art. 188.8)</i> ⁽⁵¹⁰⁾</p>
--	---

Tableau 23. Questionnaire - Audit

Audit du programme et de l'application du cadenassage ⁽⁶⁰⁾	<p>Auditez-vous les éléments suivants? ⁽⁶⁰⁰⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Programme de cadenassage (politique) ⁽⁶⁰¹⁾</p> <p>Par qui?</p> <p>Pour quelles raisons? À quelle fréquence?</p> <p>Comment procédez-vous? Avec quel outil?</p> <p>Quels sont les résultats obtenus? Type de problème et lacunes identifiés?</p> <p><input type="checkbox"/> Procédures de cadenassage ou autres méthodes de contrôle des énergies (<i>RSST, art. 188.5</i>) ⁽⁶⁰²⁾</p> <p>Par qui?</p> <p>Pour quelles raisons? À quelle fréquence?</p> <p>Comment procédez-vous? Avec quel outil?</p> <p>Quels sont les résultats obtenus? Type de problème et lacunes identifiés?</p> <p><input type="checkbox"/> Application des procédures de cadenassage ou autres méthodes de contrôle des énergies ⁽⁶⁰³⁾</p> <p>Par qui?</p> <p>Pour quelles raisons? À quelle fréquence?</p> <p>Comment procédez-vous? Avec quel outil?</p> <p>Quels sont les résultats obtenus? Type de problème et lacunes identifiés?</p> <p>Comment utilisez-vous ces résultats? Comment sont effectuées les corrections? ⁽⁶⁰⁴⁾</p> <p>Les audits sont-ils planifiés et annoncés en avance ou sont-ils aléatoires et sans préavis? ⁽⁶⁰⁵⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Planifiés et annoncés</p> <p><input type="checkbox"/> Aléatoire et sans préavis</p> <p><input type="checkbox"/> Les deux</p> <p>Comment est perçu l'audit par les travailleurs? (ex. utile/amélioration du processus, moyen de contrôle/recherche d'erreur, engagement de l'employeur dans le cadenassage)</p> <p>Vos outils d'audit sont-ils disponibles? ⁽⁶⁰⁶⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Vos résultats d'audit sont-ils disponibles? ⁽⁶⁰⁷⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>
--	--

Tableau 24. Questionnaire - Divers

Changements réglementaires ⁽⁷⁰⁾	<p>Êtes-vous au fait des modifications réglementaires mises en place en janvier 2016 en lien avec le cadenassage (CSTC, RSST)? ⁽⁷⁰⁰⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui, depuis quand?</p> <p>Quelle est votre perception sur ces changements réglementaires? Est-ce que tout le monde au sein de l'entreprise est du même avis (employeur et employés)? ⁽⁷⁰¹⁾</p> <p>Y a-t-il eu des modifications dans la pratique du cadenassage effectuées dans votre organisme suite à ces changements réglementaires? ⁽⁷⁰²⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Est-ce que ces modifications réglementaires ont amélioré la pratique du cadenassage (ou autre méthode)? ⁽⁷⁰³⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Avez-vous eu des discussions avec votre inspecteur de la CNESST au sujet de cette modification réglementaire? ⁽⁷⁰⁴⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p>
Autres difficultés rencontrées ⁽⁷¹⁾	<p>Avez-vous d'autres difficultés à mentionner en lien avec le cadenassage ou les autres méthodes de contrôle des énergies? ⁽⁷¹⁰⁾</p> <p>Avez-vous d'autres solutions mises en place à mentionner en lien avec le cadenassage ou les autres méthodes de contrôle des énergies? ⁽⁷¹¹⁾</p>

ANNEXE B : FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT POUR LES ENTREVUES

Titre du projet de recherche :

Étude sur la pratique du cadenassage sur des machines
(Projet de recherche financé par l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en
Sécurité du Travail, IRSST)

Équipe de recherche :

Yuvín Chinniah, ing., Ph. D.
Professeur titulaire
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
yuvín.chinniah@polymtl.ca

Damien Burlet-Vienney, ing., Ph. D.
Chercheur
IRSST
505, Boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Tél. (514) 288-1551 poste 408
Damien.BurletVienney@irsst.qc.ca

Barthélemy Aucourt, ing.
Associé de recherche
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
barthelemy.aucourt@polymtl.ca

Réal Bourbonnière
Consultant
Consultation Réal Bourbonnière
58, rue de la Crête

Orford (Québec) J1X 0C5
Tél. (819) 769-1786
real@realbourbonniere.com

Pascal Poisson, ing., Ph. D.
Consultant
Intervention Prévention Inc.
1085, rue Bénoni-Robert
Beloeil (Québec) J3G 0H8
Tél. (450) 446-0829
ppoisson@interventionprevention.com

Patrick de Geyter
Consultant
SISO Inc.
306 WestWard
Rosemère (Québec) J7A1T1
Tél. (450) 965-8705
p.degeyter@siso-inc.com

Benyamin Karimi
Assistant de recherche
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
benyamin.karimi@polymtl.ca

Préambule :

Nous sollicitons votre participation à une étude sur la pratique du cadenassage qui vise à améliorer la sécurité des travailleurs qui effectuent des interventions de maintenance (au sens large : déblocage, inspection, nettoyage, entretien, etc.) sur des machines industrielles. Votre expertise (ex. techniques, opérationnelles, organisationnelles ou en santé et en sécurité du travail) relative à la pratique du cadenassage permettra d'enrichir les connaissances dans le domaine et, ultimement, d'améliorer la sécurité des travailleurs.

Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au directeur de recherche ou aux autres membres de l'équipe de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui ne serait pas clair.

Présentation du projet de recherche et de ses objectifs :

L'objectif principal de cette étude est de faire un bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

1. Documenter en entreprises les éléments ayant été identifiés comme problématiques pour l'application du cadenassage lors de précédentes études et analyser les solutions techniques et organisationnelles mises en place par les entreprises pour faire face à ces différentes problématiques. La façon dont les méthodes alternatives au cadenassage sont gérées par les entreprises sera incluse dans l'étude ;
2. Développer et tester un outil pour l'audit de l'application du cadenassage.

Pour atteindre le 1^{er} objectif, nous effectuerons dans chaque entreprise recrutée :

- Une entrevue de groupe à l'aide d'un questionnaire avec des cadres et des employés impliqués dans le cadenassage,
- Une simulation (ou l'application réelle) d'une procédure de cadenassage et d'une procédure d'alternative au cadenassage si existante.

Pour d'atteindre le 2^e objectif, nous effectuerons dans les entreprises recrutées :

- Un test d'un outil d'audit du cadenassage développé par l'équipe de recherche.
- Ce test sera suivi d'une entrevue afin de recueillir les commentaires sur l'outil et les résultats obtenus.

Nature et durée de votre participation au projet de recherche :

Votre participation à l'étude porte sur le **1^{er} objectif**. Au cours de cette étude, vous devrez :

- Participer à une **entrevue** d'environ 1,5 à 2 heures portant sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles,
- Procéder à la **simulation** (ou l'application réelle, le cas échéant) d'une **procédure de cadenassage** selon votre façon de faire habituelle,
- Procéder à la **simulation** (ou l'application réelle, le cas échéant) d'une **procédure d'alternative au cadenassage** selon votre façon de faire habituelle,

Votre participation aura lieu sur votre lieu de travail pendant vos heures de travail. Deux membres de l'équipe de recherche seront présents pendant toute la durée de la visite.

Les questions qui seront posées lors des entrevues aborderont principalement les sujets suivants :

1. Informations générales sur l'entreprise et les personnes rencontrées
2. Programme de cadenassage :
 - a. Élaboration
 - b. Contenu
 - c. Utilisation
3. Application du cadenassage
 - a. Équipements, tâches et énergies visés
 - b. Type de cadenassage appliqué : simple, groupe, groupe complexe
 - c. Procédures : étapes pour le cadenassage et la remise en service, étape de vérification
 - d. Intervenants : rôles et responsabilité
 - e. Formation : contenu, remise à niveau
 - f. Matériel et fiche de cadenassage : dispositifs d'isolement, accessoires de cadenassage, règles liées au cadenas personnel et à la gestion des clés, gestion des fiches de cadenassage, historique de l'application
 - g. Gestion des cas particuliers : continuité du cadenassage, retrait d'un cadenas en l'absence de la personne autorisée
 - h. Audit
 - i. Programme général
 - ii. Procédures écrites
 - iii. Formation du personnel
 - iv. Inspections périodiques de l'application
 - i. Gestion des sous-traitants
 - j. Non-application d'une procédure, incidents, difficultés diverses
 - k. Alternatives au cadenassage : raisons, critères, méthodes utilisées
4. Documentations disponibles

Au besoin, des précisions par rapport à certaines réponses ou observations pourront être demandées par la suite par téléphone ou par courriel.

Avantages pouvant découler de votre participation au projet de recherche :

Les résultats de la recherche seront bénéfiques pour le personnel et les dirigeants de toutes les entreprises possédant des machines industrielles dont la maintenance nécessite l'application d'une méthode de maîtrise des énergies.

Ces résultats permettront, plus généralement, d'outiller les entreprises, tous secteurs confondus, à faire face aux difficultés éprouvées lors de l'application du cadenassage en leur donnant des repères concrets. Ces connaissances sur la pratique du cadenassage pourront notamment être utiles pour améliorer les contenus de formation et pour accompagner les entreprises dans leur démarche de vérification de la performance du cadenassage dans leurs établissements (par l'intermédiaire de l'outil d'audit). Cette étude permettra également de faire un portrait de la situation actuelle et constituera un point de repère afin de suivre l'évolution du cadenassage en fonction des changements réglementaires en cours.

En guise de remerciement, les conclusions de l'étude seront communiquées aux intervenants dans ce projet, à travers le rapport de recherche qui vous sera envoyé.

Risques et inconvénients pouvant découler de votre participation au projet de recherche :

Les **entrevues** ne présentent aucun risque particulier. Elles auront lieu dans un endroit calme et isolé (ex. : salle de réunion), et les informations recueillies ne pourront être reliées au participant lorsque présentées à l'extérieur d'un groupe ayant participé à la même entrevue. Ainsi, l'équipe de recherche :

- Vous invite à accepter ou non, en toute liberté, de participer à l'entrevue et d'être enregistré ;
- Vous expliquera, lors de la prise de contact, le traitement de la confidentialité dans le cadre de l'étude.

Le fait de se savoir observés, filmés ou photographiés lors de **la simulation d'une procédure** de travail (ou application réelle, le cas échéant) pourrait créer une situation de stress chez certains participants. Afin de minimiser le risque de stress, l'équipe de recherche :

- Vous invite à accepter ou non, en toute liberté, de participer aux simulations d'une procédure de cadenassage ou d'alternative au cadenassage, d'être enregistré ou d'être photographié ;
- S'engage à réserver ses questions pour les périodes convenues avec vous-même et votre employeur afin de ne pas induire de risque ;
- Vous expliquera, lors de la prise de contact, le traitement de la confidentialité dans le cadre de l'étude.

À part ce stress, accepter de participer à cette étude n'ajoute aucun autre risque à ceux que vous encourez habituellement dans l'exercice de vos tâches : les interventions que vous réaliserez lors de notre visite rentrent dans le cadre de votre travail ordinaire. Les risques physiques auxquels vous êtes exposé(e) quotidiennement ne seront pas accentués par nos observations dans le cadre de cette recherche.

L'équipe de recherche est consciente que cette visite vient rompre le cours de vos activités à cause du temps que vous aurez à lui accorder pour l'entrevue. Cependant, nous croyons que les bienfaits (relatifs à votre sécurité) à tirer de ce projet l'emportent sur ces inconvénients et votre employeur en est conscient aussi (il a autorisé notre visite dans l'usine et votre participation à l'étude). Le fait de participer à cette recherche vous offre une occasion de réfléchir, individuellement, et de faire part de votre opinion à propos de la pratique du cadenassage ou de toute autre méthode de contrôle des énergies.

La durée prévue des entrevues sera respectée afin de ne pas bouleverser vos planifications. Quant à la durée des simulations et observations, elle dépendra des tâches concernées.

Compensation financière :

Veuillez noter que vous ne recevrez pas de compensation financière de la part de l'équipe de recherche pour votre participation à l'étude.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du participant :

En cas de préjudice par suite de votre participation à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme subventionnaire ou l'établissement de leurs responsabilités légales et professionnelles.

Participation volontaire et possibilité de retrait :

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes libre de refuser d'y participer et pouvez à tout moment décider de vous retirer du projet sans avoir à motiver votre décision et sans risquer d'en subir de préjudice. En cas de retrait prématuré de l'étude, les données recueillies vous concernant seront détruites.

Les chercheurs ou le comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique pourront retirer les participants sans leur consentement s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet, notamment pour des raisons de sécurité et de faisabilité.

Confidentialité :

Seuls les renseignements nécessaires à la bonne conduite du projet de recherche seront recueillis dans le cadre de la présente étude. Tous ces renseignements demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver la confidentialité des données, les participants à une entrevue de groupe s'engagent à ne divulguer aucune information concernant cette entrevue ni à en discuter à l'extérieur de la période d'entrevue sauf avec les membres de l'équipe de recherche. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un code. Si un visage devait apparaître sur des photos ou vidéos utilisées dans une publication ou communication, il sera systématiquement caché. De même, les usines impliquées dans l'étude ne seront pas identifiées dans les livrables de ce projet. Les données collectées par le chercheur principal et son équipe de recherche seront conservées sous clé ou dans un ordinateur protégé par un code et à accès limité. Le chercheur responsable et son équipe utiliseront les données du projet de recherche pour les simples fins du projet de recherche.

Les données du projet de recherche pourront être publiées dans des revues scientifiques ou partagées avec d'autres personnes lors de discussions scientifiques. Toutefois, aucune publication ou communication scientifique ne renfermera quelque information que ce soit pouvant permettre de vous identifier. À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique de Montréal ou encore une personne mandatée par les organismes subventionnaires de recherche. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Personnes ressource :

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable de l'étude :

Yuvin Chinniah, ing., Ph. D.
Professeur titulaire
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
yuvin.chinniah@polymtl.ca

Si vous avez des questions concernant votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la présidente du Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique, Madame Delphine Périé-Curnier, poste 4437 ou encore par courriel à delphine.perie@polymtl.ca.

Consentement :

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué clairement la nature de ma participation au projet de recherche, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui sont énoncées dans le présent formulaire dont on m'a remis une copie. Je m'engage à ne divulguer aucune information concernant cette entrevue ni à en discuter à l'extérieur de la période d'entrevue sauf avec les membres de l'équipe de recherche.

Dans le cas des entrevues:

- Je souhaite participer à l'étude et **accepte que l'entrevue individuelle soit audio-enregistrée** aux seules fins de cette recherche. Cet enregistrement sera détruit après dix ans.
- Je souhaite participer à l'étude, **mais n'accepte pas que l'entrevue individuelle soit audio-enregistrée.**

Dans le cas des observations :

- Non applicable
- Je souhaite participer à l'étude et **accepte que mon travail soit filmé ou photographié** aux seules fins de cette recherche. Ces enregistrements seront détruits après dix ans.
- Je souhaite participer à l'étude, mais **n'accepte pas que mon travail soit filmé ou photographié.**

Autorisation pour l'utilisation des photographies :

- J'accepte que les photographies de moi prises dans le cadre de la présente étude soient utilisées dans des publications (ex. : rapport de recherche, article scientifique), **à condition que mon visage soit masqué de sorte que l'on ne puisse m'identifier.** Je comprends qu'aucun montant d'argent ne me sera versé ou ne sera versé à mon entreprise / organisme pour l'utilisation de ces photographies.

Nom et signature du participant de recherche

Date

Je certifie que j'ai expliqué au participant la nature de sa participation au présent projet de recherche, répondu aux questions qu'il avait à cet égard et lui ai clairement indiqué qu'il demeurerait libre de mettre un terme à sa participation à tout moment, et ce, sans subir le moindre préjudice. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter les modalités décrites dans le présent formulaire d'information et de consentement et déclare en avoir remis une copie signée au participant.

Nom et signature du chercheur (ou son représentant)

Date

ANNEXE C : FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT POUR LE TEST DE L'OUTIL D'AUDIT

Titre du projet de recherche :

Étude sur la pratique du cadenassage sur des machines
(Projet de recherche financé par l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en
Sécurité du Travail, IRSST)

Équipe de recherche :

Yuvin Chinniah, ing., Ph. D.
Professeur titulaire
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
yuvin.chinniah@polymtl.ca

Damien Burlet-Vienney, ing., Ph. D.
Chercheur
IRSST
505, Boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Tél. (514) 288-1551 poste 408
Damien.BurletVienney@irsst.qc.ca

Barthélemy Aucourt, ing.
Associé de recherche
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
barthelemy.aucourt@polymtl.ca

Réal Bourbonnière
Consultant
Consultation Réal Bourbonnière
58, rue de la Crête
Orford (Québec) J1X 0C5
Tél. (819) 769-1786
real@realbourbonniere.com

Pascal Poisson, ing., Ph. D.
Consultant
Intervention Prévention Inc.
1085, rue Bénoni-Robert
Beloeil (Québec) J3G 0H8
Tél. (450) 446-0829
ppoisson@interventionprevention.com

Patrick de Geyter
Consultant
SISO Inc.
306 WestWard
Rosemère (Québec) J7A1T1
Tél. (450) 965-8705
p.degeyter@siso-inc.com

Benyamin Karimi
Assistant de recherche
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
benyamin.karimi@polymtl.ca

Préambule :

Nous sollicitons votre participation à une étude sur la pratique du cadenassage qui vise à améliorer la sécurité des travailleurs qui effectuent des interventions de maintenance (au sens large : déblocage, inspection, nettoyage, entretien, etc.) sur des machines industrielles. Votre expertise (ex. techniques, opérationnelles, organisationnelles ou en santé et en sécurité du travail) relative à la pratique du cadenassage permettra d'enrichir les connaissances dans le domaine et, ultimement, d'améliorer la sécurité des travailleurs.

Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au directeur de recherche ou aux autres membres de l'équipe de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui ne serait pas clair.

Présentation du projet de recherche et de ses objectifs :

L'objectif principal de cette étude est de faire un bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

3. Documenter en entreprises les éléments ayant été identifiés comme problématiques pour l'application du cadenassage lors de précédentes études et analyser les solutions techniques et organisationnelles mises en place par les entreprises pour faire face à ces différentes problématiques. La façon dont les méthodes alternatives au cadenassage sont gérées par les entreprises sera incluse dans l'étude ;
4. Développer et tester un outil pour l'audit de l'application du cadenassage.

Pour atteindre le 1^{er} objectif, nous effectuerons dans chaque entreprise recrutée :

- Une entrevue de groupe à l'aide d'un questionnaire avec des cadres et des employés impliqués dans le cadenassage,
- Une simulation (ou l'application réelle) d'une procédure de cadenassage et d'une procédure d'alternative au cadenassage si existante.

Pour d'atteindre le 2^e objectif, nous effectuerons dans les entreprises recrutées :

- Un test d'un outil d'audit du cadenassage développé par l'équipe de recherche.
- Ce test sera suivi d'une entrevue afin de recueillir les commentaires sur l'outil et les résultats obtenus.

Nature et durée de votre participation au projet de recherche :

Votre participation à l'étude porte sur le **2^e objectif**. Au cours de cette étude, vous devrez :

- Participer au **test de l'outil d'audit** du cadenassage de l'équipe de recherche dans votre entreprise. Il s'agira d'une simulation afin d'évaluer l'outil et non la situation dans l'entreprise. L'équipe de recherche sera là en support et observera le déroulement de l'audit.
- Participer à une **entrevue** suite à l'application de l'outil afin de recueillir vos commentaires sur l'outil d'audit.

Votre participation aura lieu sur votre lieu de travail pendant vos heures de travail. Deux membres de l'équipe de recherche seront présents pendant toute la durée de la visite. La durée de la visite ne dépassera pas une demi-journée (3 h).

Les thèmes abordés seront principalement les suivants :

1. Informations générales sur l'entreprise et les personnes rencontrées
2. Programme de cadenassage :
 - a. Élaboration
 - b. Contenu
 - c. Utilisation
3. Application du cadenassage
 - a. Équipements, tâches et énergies visés
 - b. Type de cadenassage appliqué : simple, groupe, groupe complexe
 - c. Procédures : étapes pour le cadenassage et la remise en service, étape de vérification
 - d. Intervenants : rôles et responsabilité
 - e. Formation : contenu, remise à niveau
 - f. Matériel et fiche de cadenassage : dispositifs d'isolement, accessoires de cadenassage, règles liées au cadenas personnel et à la gestion des clés, gestion des fiches de cadenassage, historique de l'application
 - g. Gestion des cas particuliers : continuité du cadenassage, retrait d'un cadenas en l'absence de la personne autorisée
 - h. Audit
 - i. Programme général
 - ii. Procédures écrites
 - iii. Formation du personnel
 - iv. Inspections périodiques de l'application
 - i. Gestion des sous-traitants
 - j. Non-application d'une procédure, incidents, difficultés diverses
 - k. Alternatives au cadenassage : raisons, critères, méthodes utilisées
4. Documentations disponibles

Au besoin, des précisions par rapport à certaines réponses ou observations pourront être demandées par la suite par téléphone ou par courriel.

Avantages pouvant découler de votre participation au projet de recherche :

Les résultats de la recherche seront bénéfiques pour le personnel et les dirigeants de toutes les entreprises possédant des machines industrielles dont la maintenance nécessite l'application d'une méthode de maîtrise des énergies.

Ces résultats permettront, plus généralement, d'outiller les entreprises, tous secteurs confondus, à faire face aux difficultés éprouvées lors de l'application du cadenassage en leur donnant des repères concrets. Ces connaissances sur la pratique du cadenassage pourront notamment être utiles pour améliorer les contenus de formation et pour accompagner les entreprises dans leur démarche de vérification de la performance du cadenassage dans leurs établissements (par l'intermédiaire de l'outil d'audit). Cette étude permettra également de faire un portrait de la situation actuelle et constituera un point de repère afin de suivre l'évolution du cadenassage en fonction des changements réglementaires en cours. En guise de remerciement, les conclusions de l'étude seront communiquées aux intervenants dans ce projet, à travers le rapport de recherche qui vous sera envoyé.

Risques et inconvénients pouvant découler de votre participation au projet de recherche :

Le fait de se savoir observés, filmés ou photographiés lors du **test de l'outil d'audit** pourrait créer une situation de stress chez certains participants. Afin de minimiser le risque de stress, l'équipe de recherche :

- Vous invite à accepter ou non, en toute liberté, de participer au test de l'outil d'audit, d'être enregistré ou d'être photographié ;
- S'engage à réserver ses questions pour les périodes convenues avec vous-même et votre employeur afin de ne pas induire de risque ;
- Vous expliquera, lors de la prise de contact, le traitement de la confidentialité dans le cadre de l'étude.

À part ce stress, accepter de participer à cette étude n'ajoute aucun autre risque à ceux que vous encourez habituellement dans l'exercice de vos tâches : les interventions que vous réaliserez lors de notre visite rentrent dans le cadre de votre travail ordinaire. Les risques physiques auxquels vous êtes exposé(e) quotidiennement ne seront pas accentués par nos observations dans le cadre de cette recherche.

L'**entrevue** qui suit l'application de l'outil d'audit ne présente aucun risque particulier. Elle aura lieu dans un endroit calme et isolé (ex. : salle de réunion), et les informations recueillies ne pourront être reliées au participant lorsque présentées à l'extérieur d'un groupe ayant participé à la même entrevue. Ainsi, l'équipe de recherche :

- Vous invite à accepter ou non, en toute liberté, de participer à l'entrevue et d'être enregistré ;
- Vous expliquera, lors de la prise de contact, le traitement de la confidentialité dans le cadre de l'étude.

L'équipe de recherche est consciente que cette visite vient rompre le cours de vos activités à cause du temps que vous aurez à lui accorder pour l'entrevue. Cependant, nous croyons

que les bienfaits (relatifs à votre sécurité) à tirer de ce projet l'emportent sur ces inconvénients et votre employeur en est conscient aussi (il a autorisé notre visite dans l'usine et votre participation à l'étude). Le fait de participer à cette recherche vous offre une occasion de réfléchir, individuellement, et de faire part de votre opinion à propos de la pratique du cadenassage ou de toute autre méthode de contrôle des énergies. La durée prévue de la visite (max. 3h) sera respectée afin de ne pas bouleverser vos planifications.

Compensation financière :

Veillez noter que vous ne recevrez pas de compensation financière de la part de l'équipe de recherche pour votre participation à l'étude.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du participant :

En cas de préjudice par suite de votre participation à ce projet de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme subventionnaire ou l'établissement de leurs responsabilités légales et professionnelles.

Participation volontaire et possibilité de retrait :

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes libre de refuser d'y participer et pouvez à tout moment décider de vous retirer du projet sans avoir à motiver votre décision et sans risquer d'en subir de préjudice. En cas de retrait prématuré de l'étude, les données recueillies vous concernant seront détruites.

Les chercheurs ou le comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique pourront retirer les participants sans leur consentement s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet, notamment pour des raisons de sécurité et de faisabilité.

Confidentialité :

Seuls les renseignements nécessaires à la bonne conduite du projet de recherche seront recueillis dans le cadre de la présente étude. Tous ces renseignements demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver la confidentialité des données, les participants à une entrevue de groupe s'engagent à ne divulguer aucune information concernant cette entrevue ni à en discuter à l'extérieur de la période d'entrevue sauf avec les membres de l'équipe de recherche. Afin de préserver votre identité, vous ne serez identifié que par un code. Si un visage devait apparaître sur des photos ou vidéos utilisées dans une publication ou communication, il sera systématiquement caché. De même, les usines impliquées dans l'étude ne seront pas identifiées dans les livrables de ce projet. Les données collectées par le chercheur principal et son équipe de recherche seront conservées sous clé ou dans un ordinateur protégé par un code et à accès limité. Le chercheur responsable et son équipe utiliseront les données du projet de recherche pour les simples fins du projet de recherche.

Les données du projet de recherche pourront être publiées dans des revues scientifiques ou partagées avec d'autres personnes lors de discussions scientifiques. Toutefois, aucune publication ou communication scientifique ne renfermera quelque information que ce soit pouvant permettre de vous identifier. À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique de Montréal ou encore une personne mandatée par les

organismes subventionnaires de recherche. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Personnes ressource :

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le chercheur responsable de l'étude :

Yuvin Chinniah, ing., Ph. D.
Professeur titulaire
Polytechnique Montréal
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
yuvin.chinniah@polymtl.ca

Si vous avez des questions concernant votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la présidente du Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique, Madame Delphine Périé-Curnier, poste 4437 ou encore par courriel à delphine.perie@polymtl.ca.

Consentement :

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué clairement la nature de ma participation au projet de recherche, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision. Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui sont énoncées dans le présent formulaire dont on m'a remis une copie. Je m'engage à ne divulguer aucune information concernant cette entrevue ni à en discuter à l'extérieur de la période d'entrevue sauf avec les membres de l'équipe de recherche.

Dans le cas de la simulation de l'audit :

- Je souhaite participer à l'étude et **accepte que mon travail soit filmé ou photographié** aux seules fins de cette recherche. Ces enregistrements seront détruits après dix ans.
- Je souhaite participer à l'étude, mais **n'accepte pas que mon travail soit filmé ou photographié.**

Dans le cas des entrevues:

- Je souhaite participer à l'étude et **accepte que l'entrevue soit audio-enregistrée** aux seules fins de cette recherche. Cet enregistrement sera détruit après dix ans.
- Je souhaite participer à l'étude, **mais n'accepte pas que l'entrevue individuelle soit audio-enregistrée.**

Autorisation pour l'utilisation des photographies :

- J'accepte que les photographies de moi prises dans le cadre de la présente étude soient utilisées dans des publications (ex. : rapport de recherche, article scientifique), **à condition que mon visage soit masqué de sorte que l'on ne puisse m'identifier.** Je comprends qu'aucun montant d'argent ne me sera versé ou ne sera versé à mon entreprise / organisme pour l'utilisation de ces photographies.

Nom et signature du participant de recherche

Date

Je certifie que j'ai expliqué au participant la nature de sa participation au présent projet de recherche, répondu aux questions qu'il avait à cet égard et lui ai clairement indiqué qu'il demeurerait libre de mettre un terme à sa participation à tout moment, et ce, sans subir le moindre préjudice. Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter les modalités décrites dans le présent formulaire d'information et de consentement et déclare en avoir remis une copie signée au participant.

Nom et signature du chercheur (ou son représentant)

Date