

Contrôle des énergies dangereuses par cadenassage et par d'autres méthodes chez les électriciens, les tuyauteurs, les frigoristes et les mécaniciens du secteur de la construction

Étude exploratoire

Damien Burlet-Vienney
Yuvinn Chinniah
Ayoub Nokra

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1159-fr



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

Dans l'esprit de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et de la Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (LATMP), la mission de l'IRSST est de :

Contribuer à la santé et à la sécurité des travailleuses et travailleurs par la recherche, l'expertise de ses laboratoires, ainsi que la diffusion et le transfert des connaissances, et ce, dans une perspective de prévention et de retour durables au 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, 2022
ISBN 978-2-89797-229-5 (PDF)

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2022

IRSST - Direction des communications, de la veille et de la mobilisation des connaissances
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

Contrôle des énergies dangereuses par cadenassage et par d'autres méthodes chez les électriciens, les tuyauteurs, les frigoristes et les mécaniciens du secteur de la construction

Étude exploratoire

Damien Burlet-Vienney¹, Yuvin Chinniah², Ayoub Nokra²

¹ IRSST

² Polytechnique Montréal

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1159-fr



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 participants qui ont été rencontrés au cours de ce projet. Sans leur collaboration, leur disponibilité et leur ouverture, la réalisation de cette étude n'aurait pas été possible. Nous soulignons leurs nombreuses suggestions pour améliorer la pratique du contrôle des énergies et notamment du cadenassage dans le secteur de la construction.

Nous tenons ensuite à souligner la contribution des membres du comité de suivi paritaire « Construction », piloté par René Dufresne de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), pour l'orientation de la recherche et l'aide lors du recrutement des participants.

Nous remercions également Abdallah Ben-Mosbah de Polytechnique Montréal et André Lan de l'IRSST pour leur soutien lors de l'étude ainsi que Pascal Poisson et Barthélemy Aucourt (Intervention Prévention Inc.) pour leur aide lors du recrutement des participants.

Enfin, l'équipe de recherche remercie l'IRSST pour le financement du projet et le soutien de son personnel, notamment Chantal Tellier et Sabina Delcea Sercau pour, respectivement, le cheminement du projet et le soutien administratif.

SOMMAIRE

À la différence des études précédentes de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) sur le contrôle des énergies dangereuses et sur le cadenassage, cette étude est spécifique au secteur de la construction.

En 2016, la section 2.20 « Cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies » a été ajoutée au *Code de sécurité pour les travaux de construction* (CSTC) qui régit la santé et la sécurité sur les chantiers de construction au Québec. Cette section du CSTC fait notamment référence à la notion de maître d'œuvre (MO) pour l'encadrement du contrôle des énergies sur les chantiers de construction. L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les pratiques en lien avec le contrôle des énergies dans le secteur de la construction pour quatre corps de métier : les électriciens, les frigoristes, les mécaniciens et les tuyauteurs. Ces quatre corps de métier ont été ciblés puisqu'ils sont parmi les plus susceptibles d'appliquer une méthode de contrôle des énergies sur un chantier de construction. Cette étude est avant tout exploratoire, il n'y a pas d'intention d'analyse statistique.

Pour chaque corps de métier, une dizaine d'entrevues semi-dirigées ont été effectuées à l'aide d'un questionnaire ouvert, développé autour des exigences réglementaires ajoutées en 2016. Ces entrevues permettaient notamment aux participants de partager des expériences récentes et variées en lien avec le contrôle des énergies sur les chantiers, que ce contrôle soit présent ou non. Au final, 38 participants, c'est-à-dire 10 électriciens, 8 frigoristes, 10 mécaniciens et 10 tuyauteurs, ont été rencontrés sur une période de 20 mois allant de mai 2018 à décembre 2019. La durée moyenne des entrevues était de 90 minutes. Afin de faciliter l'analyse des résultats, les 95 expériences exprimées par les 38 participants sur la pratique ou sur l'absence du cadenassage ont été compilées par corps de métier et par type de chantiers (c.-à-d. résidentiel, commercial/institutionnel, industriel).

Préalablement aux entrevues, une analyse sommaire des accidents du travail graves et mortels dus à un problème de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec entre 1990 et 2017 a été effectuée en se basant sur les rapports de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST). En moyenne, un décès par an au Québec dans ce genre de situation a été recensé, ce qui en fait un des secteurs les plus à risque sur ce thème. Cette analyse sommaire révèle que le risque électrique et les électriciens sont largement représentés dans l'échantillon obtenu (2/3 des cas), tout comme les secteurs commercial/institutionnel et industriel (3/4 des cas répartis à parts égales). Un tiers des décès ou accidents graves ont été liés à un risque mécanique.

Concernant les pratiques des quatre corps de métier, l'analyse qualitative des entrevues a permis de faire ressortir les points suivants :

- Tous les participants à l'étude avaient une bonne compréhension du concept de « contrôle des énergies ». Toutefois, un faible pourcentage (18 %) avait connaissance de la nouvelle réglementation en vigueur. La majorité des participants (89 %) ont affirmé avoir reçu au moins une formation sur le contrôle des énergies au gré de leurs expériences, notamment industrielles.

- Concernant les ajouts réglementaires de 2016, une majorité (70 %) a mentionné ne pas avoir vu de grande différence dans les pratiques depuis cette date, même si plusieurs trouvent que le contrôle des énergies est en progression sur les chantiers.
- Selon les expériences exprimées par les participants, l'application d'une procédure de contrôle des énergies conformément aux exigences du CSTC est variable sur les chantiers. Cette variabilité s'observe particulièrement lors de l'analyse des données par type de chantiers. En effet, le contrôle des énergies selon les exigences du CSTC est globalement mis en application sur les chantiers industriels et sur les grands chantiers commerciaux ou institutionnels, quel que soit le corps de métier. Pour ce type de chantiers, le MO est généralement bien défini contractuellement avant les travaux. Dans la plupart des cas, le cadenassage est la méthode utilisée. Pour les autres types de chantiers, la détermination du MO et la planification des interventions semblent poser problème que ce soit pour des questions de communication avant les travaux, de connaissances ou autres. Cette notion d'encadrement par le MO dans l'application du CSTC semble en effet plus complexe pour les intervenants dans la situation où le client n'a pas l'expertise technique sur les équipements concernés par l'intervention. Cela fait en sorte que l'accueil, le matériel de cadenassage et les procédures de contrôle des énergies ne sont pas toujours présents sur les chantiers résidentiels et sur les chantiers commerciaux ou institutionnels de moindre envergure.
- Sans une méthode de contrôle des énergies exigée par le MO, l'intervenant choisira une méthode de travail qui lui semble appropriée. Selon les entrevues réalisées, cette méthode ne sera pas du cadenassage au sens du CSTC dans la majorité des cas. La méthode privilégiée par les intervenants dans ces situations est le travail avec les sources d'énergie isolées, mais sans contrôle exclusif des points de coupure avec un cadenas personnel. Aussi, l'utilisation d'autres méthodes que le cadenassage par les intervenants n'est majoritairement pas documentée par une analyse de risque comme exigé dans le CSTC, hors secteur industriel. Dans les faits, le choix de la méthode de contrôle des énergies par les intervenants semble se baser sur une analyse « contraintes-bénéfices » informelle. Les facteurs exprimés par les intervenants sont décrits dans le rapport (ex. : phase du chantier, type d'intervention, contrôle visuel sur les points de coupure, blessures potentielles, travail seul ou en équipe, pression du client, conviction personnelle). Il convient de rappeler que l'intervenant, selon la réglementation, ne devrait pas avoir à faire ce type d'analyse « contraintes-bénéfices » informelle.

Finalement, les exigences du CSTC avec la notion de MO sont relativement bien adaptées aux chantiers industriels et aux grands chantiers institutionnels ou commerciaux. Elles ont trouvé moins d'échos sur les autres types de chantiers au moment de l'étude. À la suite de l'analyse des entrevues, des pistes de réflexion ont été formulées afin de favoriser le contrôle individuel des énergies, peu importe le type de chantiers. Plus spécifiquement, ces pistes ont porté sur 1) la planification des travaux entre le client et le sous-traitant, qui inclurait, par exemple, de déterminer qui est le MO et de définir le rôle de l'employeur du sous-traitant ou encore du propriétaire des équipements, 2) la possibilité pour les différents intervenants d'être moins dépendants de la notion de MO, notamment concernant le matériel de cadenassage, 3) la conception des points de coupure, et 4) la simplification du contrôle des énergies sous certaines conditions et l'utilisation d'analyses de risque documentées en absence de cadenassage.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	iii
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	xi
LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xiii
1. INTRODUCTION	1
1.1 Secteur de la construction au Québec	1
1.1.1 Informations générales	1
1.1.2 Secteur d'activité à risque.....	1
1.1.3 Accidents reliés au contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec	2
1.2 Contrôle des énergies pour le secteur de la construction	3
1.2.1 Réglementation au Québec	3
1.2.2 Portée dans le secteur de la construction	6
1.3 Motivation d'une étude sur le secteur de la construction	7
1.4 Objectif de recherche	8
2. ÉTAT DES CONNAISSANCES	9
2.1 Réglementation, normes et guides spécifiques	9
2.2 Contrôle des énergies pour les sous-traitants dans les entreprises manufacturières	10
2.3 Facteurs de risque en lien avec le contrôle des énergies dans le secteur de la construction	11
2.3.1 Statistiques d'accidents	11
2.3.2 Spécificités du secteur de la construction concernant la SST	13
3. MÉTHODOLOGIE	15
3.1 Analyse des accidents du travail	15
3.2 Entrevues semi-dirigées	16
3.2.1 Recrutement des participants et collecte de données.....	17
3.2.2 Outil de cueillette de données et analyse	19

4.	RÉSULTATS – ANALYSE DES ACCIDENTS DU TRAVAIL GRAVES ET MORTELS	21
4.1	Échantillon	21
4.2	Répartition de l'échantillon pour la période étudiée	21
4.3	Types de chantiers et de contrat	22
4.4	Type d'accidents et causes	23
4.5	Gestion des risques	26
4.6	Faits saillants	27
5.	RÉSULTATS – ENTREVUES	29
5.1	Caractéristiques de l'échantillon – Expériences partagées	29
5.2	Situations de contrôle des énergies et incidents	30
5.2.1	Situations de travail nécessitant le contrôle des énergies	30
5.2.2	Incident, passé proche	32
5.3	Cadenassage et réglementation	34
5.4	Aspects de gestion en lien avec le contrôle des énergies	35
5.4.1	Formation spécifique	35
5.4.2	Matériel	36
5.4.3	Procédure de contrôle des énergies	37
5.4.4	Autres méthodes de contrôle	38
5.4.5	Audit	39
5.5	Méthodes de contrôle des énergies utilisées par corps de métier et par type de chantiers	39
5.5.1	Expériences des électriciens	40
5.5.2	Expériences des frigoristes	43
5.5.3	Expériences des mécaniciens	45
5.5.4	Expériences des tuyauteurs	47
6.	DISCUSSION	51
6.1	Pratiques réelles	51
6.2	Pistes de réflexion	55
6.2.1	Planification des travaux	55
6.2.2	Formation et matériel de cadenassage	56
6.2.3	Points de coupure et conception	57
6.2.4	Procédure et analyse de risque	58
7.	CONCLUSION	59
	BIBLIOGRAPHIE	61

ANNEXE A : Certificat de conformité éthique65

ANNEXE B : Questionnaire pour les entrevues avec les participants à l'étude (guide d'entretien)67

B.I Participant.....67

B.II Gestion du contrôle des énergies dangereuses par le participant68

B.III Gestion du contrôle des énergies dangereuses sur les chantiers71

B.IV Situations spécifiques au secteur de la construction / Divers77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Accidents causés par un dégagement intempestif d'une source d'énergie et indemnisés par la CNESST, entre 2010 et 2014 au Québec (CNESST, 2015)	3
Tableau 2.	Statistiques d'accidents liés à l'énergie électrique dans le secteur de la construction	12
Tableau 3.	Exemples de difficultés présentes lors d'un projet de construction, pouvant avoir un impact sur la gestion de la SST	13
Tableau 4.	Informations compilées à partir des 30 rapports d'enquête de la CNESST	16
Tableau 5.	Rôle des participants par corps de métier	18
Tableau 6.	Ancienneté des participants par corps de métier	18
Tableau 7.	Statut des participants et nombre de travailleurs dans l'entreprise des participants	18
Tableau 8.	Répartition des décès et des blessés graves selon le type de chantiers (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017).....	22
Tableau 9.	Répartition des décès et des blessés graves selon le type de chantiers et l'équipement en cause (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017)	23
Tableau 10.	Répartition des décès et des blessés graves selon le type d'accident (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017).....	24
Tableau 11.	Répartition des décès et des blessés graves selon le titre d'emploi (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017).....	25
Tableau 12.	Procédure de contrôle des énergies et formation indiquées dans les rapports d'accidents graves et mortels recensés (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017).....	26
Tableau 13.	Type de chantiers et type de construction où les participants ont travaillé, par corps de métier	29
Tableau 14.	Nombre d'expériences récentes partagées lors des entrevues, par corps de métier et par type de chantiers.....	30
Tableau 15.	Équipements et tâches typiques impliquées dans le contrôle des énergies dangereuses, par corps de métier.....	31
Tableau 16.	Nombre de formations reçues sur le cadenassage	35
Tableau 17.	Exemples de méthodes autres que le cadenassage utilisées par les participants, classées par type d'énergie	38
Tableau 18.	Audit de la pratique du cadenassage, par corps de métier.....	39
Tableau 19.	Expériences partagées par les électriciens	41

Tableau 20.	Facteurs évoqués par les électriciens pour le choix de la méthode de contrôle des énergies.....	42
Tableau 21.	Expériences partagées par les frigoristes	43
Tableau 22.	Facteurs évoqués par les frigoristes pour le choix de la méthode de contrôle des énergies.....	44
Tableau 23.	Expériences partagées par les mécaniciens	46
Tableau 24.	Facteurs évoqués par les mécaniciens pour le choix de la méthode de contrôle des énergies.....	47
Tableau 25.	Expériences partagées par les tuyauteurs	48
Tableau 26.	Facteurs évoqués par les tuyauteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies.....	49
Tableau 27.	Synthèse des expériences partagées par les intervenants par type de chantiers et par corps de métier.....	51
Tableau 28.	Synthèse des facteurs évoqués par les intervenants pour le choix de la méthode de contrôle	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Interprétation de la section 2.20 du CSTC sur le cadenassage et les autres méthodes de contrôle des énergies.	4
Figure 2.	Nombre de décès et de blessés graves dus à un problème de contrôle des énergies dangereuses, dans le secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017.....	21
Figure 3.	Nuage de mots constitué des définitions du cadenassage données par les participants à l'étude.	34

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACATC :	Association des commissions des accidents du travail du Canada
ANSI :	American National Standards Institute
APECQ :	Association patronale des entreprises en construction du Québec
ASSE :	American Society of Safety Engineers
ASP :	Association sectorielle paritaire
AU :	Arrêt d'urgence
BIM :	Building Information Modelling
BLS :	Bureau of Labor Statistics
BTP :	Bâtiment et travaux publics
CETAF :	Corporation des entreprises de traitement de l'air et du froid
CCQ :	Commission de la construction du Québec
CMEQ :	Corporation des maîtres électriciens du Québec
CMMTQ :	Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec
CNESST :	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
CSA :	Canadian Standards Association
CSTC :	<i>Code de sécurité pour les travaux de construction</i>
DEC :	Diplôme d'études collégiales
DEP :	Diplôme d'études professionnelles
HÉ :	Hors énergie
HT :	Hors tension
IRSST :	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
ISQ :	Institut de la Statistique du Québec
LSST :	<i>Loi sur la santé et la sécurité du travail</i>
MDB :	Modélisation des données d'un bâtiment

MO : Maître d'œuvre

PIB : Produit intérieur brut

RSST : *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*

SCIAN : Système de classification des industries de l'Amérique du Nord

SST : Santé et sécurité du travail

1. INTRODUCTION

1.1 Secteur de la construction au Québec

1.1.1 Informations générales

Le secteur de la construction est un secteur d'activité important au Québec. En 2019, il représentait 12 % du produit intérieur brut (PIB), 48,1 milliards d'investissements et 175 893 salariés pour 177 millions d'heures travaillées (Commission de la construction du Québec [CCQ], 2020). Les électriciens, les charpentiers-menuisiers et les manœuvres sont les métiers les plus représentés. Ce secteur, parfois appelé « bâtiment et travaux publics » (BTP), représente près de 4 % de la population en emploi au Québec (Institut de la Statistique du Québec [ISQ], 2019).

Le secteur de la construction est scindé en quatre sous-secteurs définis par la *Loi sur les relations du travail, la formation professionnelle et la gestion de la main-d'œuvre dans l'industrie de la construction* (RLRQ, c. R-20). Cette catégorisation est reprise dans le cadre de cette étude :

- Génie civil : construction d'ouvrage d'utilité publique comme les routes, les aqueducs/les égouts, les ponts, les lignes électriques, les gazoducs, etc.
- Industriel : construction de bâtiments réservés principalement à la réalisation d'une activité économique comme la transformation des matières premières, la production de biens, l'exploitation des richesses minérales, etc.
- Institutionnel et commercial : construction de bâtiments réservés principalement à des fins institutionnelles ou commerciales (ex. : détaillants, restaurants).
- Résidentiel : construction de bâtiments d'habitation.

Le bon déroulement de la réalisation d'un projet nécessite la présence de plusieurs types d'intervenants. On retrouve notamment le maître d'œuvre (MO) qui est, selon la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST, RLRQ, c. S-2.1), « le propriétaire ou la personne qui, sur un chantier de construction, a la responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux ». Cette notion est abordée à la section 2.1.

Les obligations réglementaires en termes de santé et de sécurité du travail (SST) sur un chantier de construction au Québec sont consignées dans le *Code de sécurité pour les travaux de construction* (CSTC) (RLRQ, c. S-2.1, r. 4).

1.1.2 Secteur d'activité à risque

Au Québec, entre 2010 et 2014, il y a eu, en moyenne dans le secteur de la construction¹, 7 169 lésions professionnelles acceptées annuellement par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) à la suite d'un accident du travail, pour 972 500

¹ Les cas associés au secteur de la construction, ou BTP, sont ceux dont le *Code du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord* (SCIAN) du dossier d'expérience débute par 23 (Construction).

jours indemnisés et 129 millions de dollars de débours. Cela représente, sur cette période, 8,4 % de l'ensemble des lésions professionnelles faisant suite à un accident du travail au Québec, soit 14,5 % des jours indemnisés et 16,5 % des débours totaux pour 4 % de la population en emploi (Boucher, 2017). Pour 2018, les chiffres sont du même ordre de grandeur (Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail [CNESST], 2019). Les genres d'accidents « frappé par », « chute à un même niveau, glisser, trébucher », « chute à un niveau inférieur et saut » sont les plus nombreux. Spécifiquement, sur le nombre de décès survenus à la suite d'un accident du travail, le secteur du BTP est un secteur d'activité durement touché avec entre 14 et 26 % des décès, au Québec, entre 2013 et 2018 (CNESST, 2019). Au Canada et aux États-Unis, les statistiques sont du même ordre de grandeur relatif (Association des commissions des accidents du travail du Canada [ACATC], 2018; Bureau of Labor Statistics [BLS], 2019).

Ces chiffres, pris parmi d'autres, illustrent que le secteur de la construction est un milieu de travail à risque. Aussi, au Québec, le secteur de la construction fait l'objet d'une attention particulière de la part de la CNESST avec le plan d'action *Construction*, en place depuis 2009 (CNESST, 2016b). Les dossiers SST prioritaires sur les chantiers sont les risques de chute, la présence de silice/amiante, les risques liés aux lignes électriques aériennes et les échafaudages. À l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), plusieurs études ont abordé des problématiques relatives au secteur de la construction, par exemple le risque de chutes depuis les toits (ex. Galy et Lan, 2019), l'exposition à la silice (Beaudry *et al.*, 2011) ou encore l'efficacité des alarmes de recul (ex. Nélisse *et al.*, 2017). Le contrôle des énergies dangereuses n'avait pas encore été spécifiquement couvert.

1.1.3 Accidents reliés au contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec

Directement en lien avec le contrôle des énergies, la CNESST a révélé qu'entre 2010 et 2014, près de 4 décès et 1000 accidents ont lieu en moyenne annuellement, tous secteurs confondus, lors de travaux sur un équipement industriel où les énergies ont été mal ou non contrôlées (tableau 1) (CNESST, 2021). Le secteur du BTP compte pour 28 % de ces décès et près de 12 % des accidents acceptés pour indemnisation (CNESST, 2015). Ces statistiques démontrent que le secteur de la construction est l'un des secteurs les plus concernés par la problématique du contrôle des énergies dangereuses et témoignent aussi de la gravité des accidents qui y ont lieu (12 % des accidents, mais 28 % des décès).

Parmi les différentes énergies à contrôler sur les chantiers, l'électricité est souvent évoquée. Aux États-Unis, par exemple, le secteur de la construction compte pour environ 50 % des décès par électrocution, tous secteurs confondus (Cawley et Brenner, 2012; McCann *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2015). L'électricité n'est toutefois pas la seule énergie en cause dans les accidents liés au contrôle des énergies dans le secteur de la construction. Un portrait complet des accidents du travail graves et mortels au Québec en lien avec le contrôle des énergies lors d'interventions sur des équipements industriels dans le secteur de la construction sur la période 1990-2017 a été effectué dans le cadre de cette étude. Les résultats sont détaillés au chapitre 4.

Tableau 1. Accidents causés par un dégagement intempestif d'une source d'énergie et indemnisés par la CNESST, entre 2010 et 2014 au Québec (CNESST, 2015)

Année	N ^{bre} accidents indemnisés		N ^{bre} accidents mortels		Débour ¹	Jour perdu (moyenne/accident ²)
	Tous secteurs	BTP uniquement	Tous secteurs	BTP uniquement		
2010	955	119	3	0	14 032 163 \$	103
2011	972	120	4	1	13 899 592 \$	105
2012*	980	108	6	2	11 266 798 \$	80
2013*	929	123	2	1	9 847 712 \$	71
2014*	807	80	3	1	4 435 682 \$	42
Total	4643	550	18	5	53 481 947 \$ ³	---
Moy.	929	110	3,6	1	10 696 389 \$ ³	80

¹ Coût des lésions professionnelles acceptées par la CNESST y compris les décès;

² Nombre moyen de jours perdus pour les accidents de travail avec indemnités de remplacement du revenu;

³ Chiffres corrigés par rapport au document source avec l'accord des auteurs;

* Les données sur les coûts et les jours perdus n'avaient pas l'état de maturité suffisant pour fins de comparaison.

1.2 Contrôle des énergies pour le secteur de la construction

1.2.1 Réglementation au Québec

Une sous-section spécifique au contrôle des énergies lors d'interventions sur des équipements a été ajoutée au CSTC en janvier 2016 : « s.2.20 : Cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies » (RLRQ c. S-2.1, r. 4). Une interprétation de la section 2.20 est schématisée à la figure 1. Cet ajout au Code est similaire à la mise à jour du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail* (RSST). Auparavant, il n'y avait pas d'article spécifique sur le cadenassage.

Dans la mise à jour du CSTC, le cadenassage est défini comme « 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 » (RLRQ c. S-2.1, r. 4, art. 2.20.1). La procédure de cadenassage est décrite comme suit :

« 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 décadénassage et la remise en marche de la machine en toute sécurité. » (RLRQ c. S-2.1, r. 4, art. 2.20.7)

La troisième étape consiste notamment à ce que chaque intervenant appose son cadenas sur chaque point de coupure des sources d'énergie.

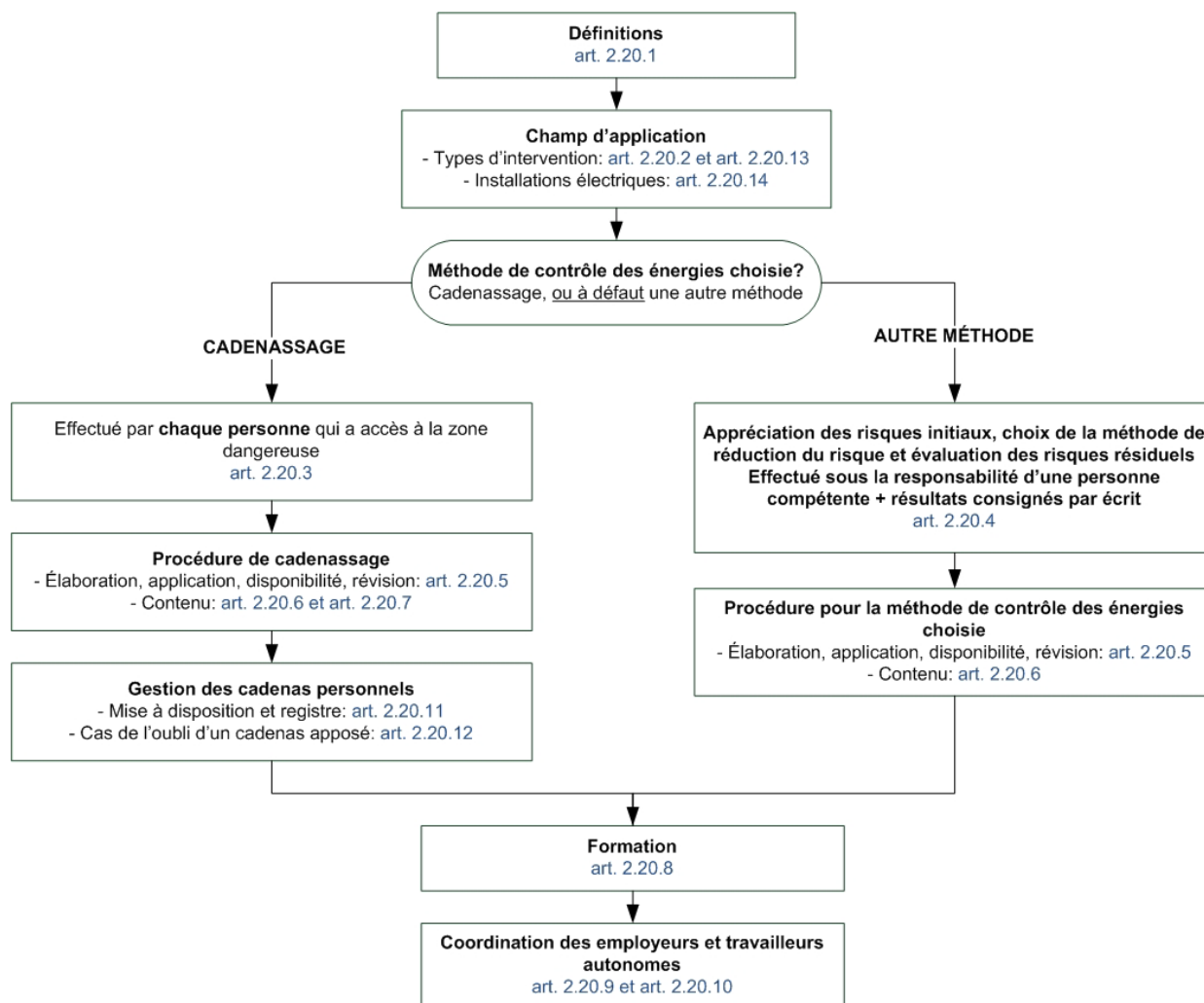


Figure 1. Interprétation de la section 2.20 du CSTC sur le cadenassage et les autres méthodes de contrôle des énergies.

La section 2.20 du CSTC sur le cadenassage et sur les autres méthodes de contrôle des énergies est le cadre de référence de la présente étude (*Code de sécurité pour les travaux de construction*, RLRQ c. S-2.1, r. 4). Cette section :

- i. s'applique à tout travail effectué dans la zone dangereuse d'une machine, à l'exception de celle dont le débranchement est à portée de main et sous le contrôle exclusif de la personne qui l'utilise, ainsi qu'à tout travail sur une installation électrique compte tenu des adaptations nécessaires (art. 2.20.2, 2.20.13 et 2.20.14);
- ii. désigne le MO comme le responsable de l'application des méthodes de contrôle des énergies, dont le cadenassage. Celui-ci doit s'assurer qu'une ou plusieurs procédures

décrivant la méthode de contrôle des énergies sont élaborées et appliquées pour chaque machine ou installation électrique utilisée sur son chantier (art. 2.20.5);

- iii. permet l'utilisation d'une autre méthode de contrôle des énergies que le cadenassage, pourvu qu'une analyse de risques vienne démontrer que la méthode assure une sécurité équivalente (art. 2.20.2 et 2.20.4);
- iv. précise que chaque procédure doit être facilement accessible sur les lieux du travail et doit être révisée périodiquement (art. 2.20.5). Une procédure doit comprendre différents éléments (art. 2.20.6 et 2.20.7), essentiellement les mêmes que l'on trouve dans la norme CSA Z460-20 (Association canadienne de normalisation [CSA], 2020);
- v. responsabilise le MO pour s'assurer que les personnes ayant accès à la zone dangereuse d'une machine sont formées et informées relativement à la méthode de contrôle des énergies applicable (art. 2.20.8). Chacune de ces personnes doit effectuer le cadenassage à l'aide de son cadenas à cléage unique (art. 2.20.3);
- vi. requiert qu'un employeur ou qu'un travailleur autonome obtienne l'autorisation écrite du MO avant d'entreprendre un travail dans la zone dangereuse d'une machine. Le MO est également responsable de coordonner les mesures à prendre pour s'assurer de l'application de la méthode de contrôle des énergies lorsque plusieurs employeurs ou travailleurs autonomes effectuent un travail dans la zone dangereuse d'une machine (art. 2.20.9 et 2.20.10);
- vii. indique que le MO doit fournir le matériel de cadenassage, dont les cadenas à cléage unique. Cette tâche peut être déléguée aux employeurs ou aux travailleurs autonomes par un mécanisme de coordination formel. Le nom de la personne qui installe un cadenas à cléage unique doit clairement être indiqué sur celui-ci ou dans un registre prévu à cette fin (art. 2.20.11);
- viii. prévoit, en cas d'oubli d'un cadenas ou de la perte d'une clé, sous quelles conditions la coupe du cadenas peut être autorisée par le MO, avec l'accord de la personne qui a exécuté le cadenassage. Chaque retrait de cadenas doit être consigné dans le registre (art. 2.20.12).

Même si le travail ne s'effectue pas sur un chantier de construction au sens de la LSST, les mêmes obligations s'appliquent aux différents intervenants en vertu du RSST (RLRQ c. S-2.1, r. 13).

1.2.2 Portée dans le secteur de la construction

Selon la description des tâches des métiers de la construction au Québec et selon l'avis du comité de suivi paritaire du projet (c.-à-d. comité composé de représentants des employeurs, des travailleurs, d'associations paritaires et de la CNESST), les corps de métier du secteur de la construction les plus susceptibles d'appliquer une méthode de contrôle des énergies au cours de leurs travaux sont (Conseil provincial du Québec des métiers de la construction – International [CPQMCI], 2017) :

- Les électriciens et les monteurs de lignes électriques qui sont responsables d'installer, de réparer et d'entretenir les installations électriques;
- Les tuyauteurs et les soudeurs en tuyauterie qui sont responsables de l'installation et de l'entretien des conduits d'eau, de gaz, ou de protection incendie;
- Les frigoristes qui installent, modifient, entretiennent et réparent des systèmes de réfrigération et de climatisation de forte capacité dans des bâtiments résidentiels, commerciaux ou industriels;
- Les chaudronniers qui sont les spécialistes de l'installation et de la réparation de réservoirs sous pression, des « boilers » ou générateurs de vapeur, des chaudières et des tours;
- Les mécaniciens de chantier, couramment appelés « millwrights », les mécaniciens d'ascenseurs et les mécaniciens d'équipement lourd qui sont chargés d'installer, de réparer et d'ajuster la machinerie.

Cette liste n'est pas limitative puisque tout intervenant peut être appelé à appliquer une procédure de contrôle des énergies. De même, les équipements traditionnellement associés au secteur de la construction sur lesquels des procédures de contrôle des énergies pourraient être appliquées sont :

- Les installations électriques qui incluent notamment les lignes électriques, les panneaux électriques ou encore le filage et l'appareillage électrique. Le travail proche ou sur des installations sous tension est fréquent dans le secteur de la construction.
- Les installations d'alimentation en gaz, en eau ou autres (tuyauterie) qui permettent d'acheminer des produits sous forme gazeuse ou liquide. Les phénomènes dangereux liés à ces installations sont d'ordre chimique, mécanique (éclatement, rupture) et thermique.
- La machinerie commerciale et industrielle pour laquelle des travaux d'installation, de modification ou de réparation sont nécessaires.
- La machinerie mobile et les appareils de levage qui regroupent les équipements de chantier puissants et aux dimensions importantes (ex. : camion à benne, camion-bétonnière, camion équipé d'une grue auxiliaire, niveleuse, chargeuse, nacelle, rouleau

compacteur). Les types d'accidents liés à ces équipements sont l'écrasement, le coincement, les chocs, l'entraînement, l'arrachement.

- Les espaces clos susceptibles d'être présents sur des chantiers sont, par exemple, des silos, des cuves, des trémies, des chambres, des voûtes, des fosses, des égouts, des tuyaux, des cheminées, des puits d'accès, des citernes de wagon ou de camions. Les risques dans un espace clos peuvent notamment être d'ordre atmosphérique, chimique, biologique, mécanique ou physique (Chinniah et al., 2016).

1.3 Motivation d'une étude sur le secteur de la construction

Pour faire avancer les connaissances sur le cadenassage et le contrôle des énergies, l'IRSST a effectué plusieurs études en collaboration avec Polytechnique Montréal. Les rapports de recherche publiés et faisant état des résultats de ces études sont :

- Étude 1 : Analyse comparative des procédures et programmes de cadenassage appliqués aux machines industrielles (Chinniah et al., 2008).
 - Activité de valorisation issue de l'étude 1: Outil d'autodiagnostic (audit) pour le contenu d'un programme de contrôle des énergies (cadenassage et autres méthodes) (Burlet-Vienney, Giraud et Dufresne, 2021).
- Étude 2 : 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 (Chinniah et al., 2009).
- Étude 3 : Secteur des affaires municipales au Québec – Étude exploratoire du cadenassage (Chinniah et al., 2012).
- Étude 4 : Implantation du cadenassage des équipements mobiles dans le secteur municipal : Étude exploratoire (Burlet-Vienney, Chinniah et Aucourt, 2017).
 - Activité de valorisation issue de l'étude 4: Équipements mobiles - Démarche de contrôle des énergies (cadenassage et autres méthodes) (Burlet-Vienney, 2019).
- Étude 5 : Bilan de la pratique du cadenassage sur des machines industrielles (Chinniah et al., 2019).
 - Activité de valorisation issue de l'étude 5: Outil d'autodiagnostic (audit) pour l'application du cadenassage (Burlet-Vienney et Dufresne, 2021).

À la suite des récents ajouts dans le CSTC, une rencontre avec le comité de suivi partiaire du projet a eu lieu à l'IRSST au cours de laquelle plusieurs difficultés vécues sur les chantiers en lien avec le contrôle des énergies ont été exprimées. Les difficultés évoquées étaient :

- La non-application de la section 2.20 du CSTC sur le contrôle des énergies par manque de connaissances ou d'adhésion aux principes énoncés, ou encore au non-respect des règles.

- Des chantiers avec des contraintes de nature variée :
 - Type de chantier : résidentiel, commercial, industriel, génie civil.
 - Type de construction : neuve, rénovation, entretien.
 - Type d'intervention : appel de service ponctuel, chantier longue durée.
- Des corps de métier avec des contraintes de nature variée (ex. : type d'équipements sur lequel intervenir, sources d'énergie variées à contrôler).
- Des difficultés liées à la planification des travaux entre le client et le sous-traitant qui inclurait par exemple de déterminer qui est le MO.
- Des installations sur les chantiers, parfois temporaires ou changeantes, non conformes, difficilement accessibles, avec des points de coupure mal identifiés et un marquage des risques incomplet. Analyser les risques présents dans un tel environnement demeure problématique.
- La coactivité de plusieurs corps de métier ayant des pratiques différentes en matière de cadenassage lors de l'exécution des travaux.
- L'absence d'information ou d'avertissement sur la présence de sources d'énergie autres que l'énergie électrique.

Néanmoins, ces problématiques restaient à étudier.

1.4 Objectif de recherche

À la différence des précédentes études sur le cadenassage, ce projet est spécifique au secteur de la construction au Québec. L'objectif de cette étude est de mieux comprendre les pratiques en lien avec le contrôle des énergies dans le secteur de la construction pour quatre corps de métier : les électriciens, les tuyauteurs, les frigoristes et les mécaniciens. Ces quatre corps de métier ont été choisis puisque ce sont parmi les plus susceptibles d'appliquer une méthode de contrôle des énergies au cours de leurs travaux. Cette étude est avant tout exploratoire, il n'y a donc pas d'intention d'analyse statistique.

La suite du rapport inclut une revue de la littérature spécifique au contrôle des énergies dans le secteur de la construction, complémentaire à l'introduction (chapitre 2), puis la méthodologie de recherche utilisée pour atteindre l'objectif de l'étude (chapitre 3). Les résultats sont présentés en deux chapitres avec l'analyse des accidents graves et mortels (chapitre 4), puis celle des entrevues réalisées avec les intervenants (chapitre 5). Enfin, une discussion des résultats accompagnée de pistes de réflexion (chapitre 6) précède la conclusion du rapport (chapitre 7).

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Une revue de la littérature spécifique au contrôle des énergies dans le secteur de la construction a été menée. Cet état des connaissances est une synthèse qui aborde (i) les aspects réglementaires et normatifs spécifiques au secteur de la construction ainsi que leur application (ex. guides) et (ii) les facteurs de risques qui peuvent influencer le contrôle des énergies. Pour un état des connaissances plus général sur le contrôle des énergies, Chinniah et *al.* (2019, chapitre 2) est une référence récente.

2.1 Réglementation, normes et guides spécifiques

Les exigences réglementaires au Québec pour le secteur de la construction sont disponibles dans le CSTC à la section 2.20 (RLRQ c. S-2.1, r. 4). Elles sont détaillées à la section 1.2.1 de ce rapport. Il est intéressant de noter que les exigences du CSTC concernant le contrôle des énergies sont identiques, à quelques détails près, à celles du RSST qui s'applique à tout établissement (RLRQ c. S-2.1, r. 13). On notera comme différences la coupure du cadenas en cas d'oubli (CSTC, art. 2.20.12) plutôt que la notion de retrait (RSST, art. 188.12), et la notion de MO plutôt que d'employeur.

Selon le CSTC, le responsable de l'application du contrôle des énergies sur les chantiers de construction est le MO. Devant les questionnements concernant la délimitation d'un chantier de construction et l'identification du MO, la CNESST a exposé sa position en 2017 dans un guide dédié en se basant sur plusieurs années d'application de la LSST et sur son interprétation par les tribunaux (Bouchard, 2017). On retiendra notamment qu'il ne peut y avoir qu'un MO par chantier et que le MO sera « le propriétaire du chantier, à moins que celui-ci n'ait confié la responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux faits sur le chantier à une autre personne. Si tel est le cas, ce sera alors la personne ainsi désignée qui sera le maître d'œuvre sur le chantier ». Par exemple, le propriétaire sera le MO dans les cas suivants :

- Le propriétaire réalisera des travaux sur le site, à part ceux de la construction.
- Le propriétaire réalisera au moins une partie des travaux de construction jugés essentiels à la finalité de l'œuvre.
- Le propriétaire déléguera la responsabilité de l'exécution des travaux essentiels de construction à plus d'une personne.

L'Association patronale des entreprises en construction du Québec (APECQ) donne également certains critères issus de la jurisprudence sur la notion de « responsable de l'exécution de l'ensemble des travaux » qui donne la possibilité au propriétaire du chantier de déléguer les responsabilités de MO (APECQ, 2019).

Concernant les exigences du CSTC sur le contrôle des énergies, plusieurs documents sont disponibles dont celui de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction (ASP Construction) (Bell, 2017), une présentation de la CNESST (Bergeron et Deschênes, 2017) ou encore le programme de prévention de la Corporation des maîtres électriciens du Québec (Corporation des maîtres électriciens du Québec [CMEQ], 2017). Ce dernier document présente une procédure de cadenassage générique pour les électriciens avec

notamment un espace détaillé pour l'étape de vérification d'absence de tension sur toutes les phases du courant.

Dans la version 2020 de la norme CSA Z460 sur le contrôle des énergies (CSA, 2020), une annexe spécifique au secteur de la construction a été ajoutée (CSA, 2020, annexe I). Un certain nombre de conseils y sont listés. En synthétisant, on retient notamment les points suivants :

- Déterminer les rôles et responsabilités au plus tôt pour éviter toute confusion et improvisation.
- Élaborer et mettre en place des outils d'encadrement et de planification (ex. : programme, formation, procédure, dessins techniques à jour, architecture électrique codifiée).
- Assurer une formation adaptée au chantier à toutes les personnes autorisées.
- Le MO ou l'entité désignée doit fournir du matériel de cadenassage dédié pour assurer un certain niveau de qualité.
- Sur les grands chantiers, les besoins en cadenassage vont en grandissant avec l'avancée du chantier (ex. ajout de types d'énergie et de corps de métier).
- Anticiper l'utilisation des méthodes alternatives au cadenassage puisqu'il y a toujours des situations où elles sont nécessaires.
- Sur les chantiers neufs, commencer par l'installation de l'équipement « consommateur » (ex. : machine, luminaire, prises) puis remonter vers l'alimentation des installations afin d'être exposé le moins de temps possible au risque électrique. Pratiquer la mise sous tension par zone.

La norme CSA Z462-18 sur la sécurité en matière d'électricité au travail détaille notamment les mesures de prévention si le travail sous tension est nécessaire (CSA, 2018). Ces documents ne sont toutefois pas spécifiques au secteur de la construction. Aux États-Unis, la norme ANSI/ASSE A10.44 (American National Standards Institute [ANSI] et American Society of Safety Engineers [ASSE], 2014) est spécifique à la construction (c.-à-d. « for construction and demolition operations »). Toutefois, son contenu est relativement standard par rapport aux autres normes sur le contrôle des énergies. Peu d'information spécifique aux chantiers est disponible. On note toutefois, à l'article 3.1.1, que sous certaines conditions l'obligation de procédure écrite ne s'applique pas (ex. : combinaison d'une source d'énergie, d'un point de coupure, d'un seul cadenas, pas d'énergie résiduelle, etc.). Cette exemption, qui n'est pas spécifique à cette norme, semble intéressante dans le contexte de la construction où la gestion de la documentation est un aspect complexe.

2.2 Contrôle des énergies pour les sous-traitants dans les entreprises manufacturières

Le secteur de la construction implique souvent la présence de sous-traitants. Chinniah et *al.* (2019) ont étudié l'application du cadenassage dans 14 entreprises du secteur manufacturier du Québec et la gestion des sous-traitants faisait partie des points les plus problématiques. Les

points problématiques identifiés étaient : i) des programmes de cadenassage parfois incomplets (ex. : audit, méthodes alternatives, sous-traitants), (ii) une lecture aléatoire des fiches de cadenassage, (iii) des connaissances et une gestion en lien avec les méthodes alternatives insuffisantes, (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.

Concernant la supervision des sous-traitants, l'étude mentionne que :

« [...] 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 s'ajouter à la boîte de cadenassage préparé par un opérateur de l'entreprise hôte. [...] 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. »

Par ailleurs, seules 5 des 14 entreprises vérifiaient les compétences et les qualifications des sous-traitants par rapport au cadenassage et aux autres méthodes. Les entreprises soulignaient 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. Toutefois, les entreprises ne disposaient pas d'un outil d'audit spécifique à cet effet.

L'accueil des sous-traitants était assuré avec l'obtention d'une autorisation écrite de la part de l'entreprise hôte dans 11 cas sur 14 (Karimi *et al.*, 2018). Finalement, selon les auteurs, « 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 » dans le secteur industriel manufacturier.

2.3 Facteurs de risque en lien avec le contrôle des énergies dans le secteur de la construction

De nombreux articles scientifiques traitent des risques liés au secteur de la construction. Ces documents ne sont pas spécifiques à l'application du contrôle des énergies, mais apportent un éclairage sur certains facteurs de risques comme l'électricité ou encore les difficultés pour la gestion de la SST. Aucun article scientifique ayant un contenu spécifique à l'application du contrôle des énergies (cadenassage et autres méthodes) dans le secteur de la construction n'a été publié à notre connaissance.

2.3.1 Statistiques d'accidents

La littérature scientifique liée au contrôle des énergies dans le secteur de la construction est principalement liée à l'analyse d'accidents du travail et en particulier à l'énergie électrique. Le tableau 2 recense d'ailleurs quelques statistiques d'accidents à la suite d'un contact électrique dans le secteur de la construction en dehors du Québec (ex. : Cawley et Brenner, 2012; McCann *et al.*, 2003; Zhao *et al.*, 2015). Par exemple, aux États-Unis, il s'agit de la 4^e cause de décès dans ce secteur (9 %) après les chutes, les accidents de transport et le contact avec les objets et les équipements (Janicak, 2008; Myers-Lawson School of Construction, 2017). Selon Volberg *et*

al. (2017), les groupes les plus à risque sont les plus jeunes ainsi que les monteurs de lignes, les mécaniciens et les soudeurs. La catégorie « contact avec des objets et avec des équipements » a également le potentiel d'être liée à un problème de contrôle des énergies. À noter que le chapitre 4 présente les statistiques d'accidents graves et mortels au Québec dans le secteur de la construction, entre 1990 et 2017, qui sont directement liées à un problème de contrôle des énergies. L'énergie électrique et les électriciens y sont aussi largement représentés avec 66 % des cas. Les risques mécaniques comptent pour les 34 % de cas restants.

Tableau 2. Statistiques d'accidents liés à l'énergie électrique dans le secteur de la construction

Pays	Période	Statistique
États-Unis	1992-2002	<ul style="list-style-type: none"> - 4,7 % des décès survenant à la suite d'un accident du travail ont été causés par un contact avec l'électricité : <ul style="list-style-type: none"> o 47 % l'ont été dans le secteur de la construction. o Tous secteurs confondus : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contact avec une ligne aérienne : 42 % ▪ Contact avec le câblage, les transformateurs ou d'autres composants électriques : 26 % ▪ Contact avec le courant électrique d'une machine, d'un outil, d'un appareil ou d'un luminaire : 16 %. <p>Cawley et Homce (2006)</p>
États-Unis	2003-2006	<ul style="list-style-type: none"> - 49 % des décès causés par un contact avec l'électricité l'ont été dans le secteur de la construction (492 décès sur 997). - Les décès dus au contact avec l'électricité représentent environ 9 % de tous les décès dans l'industrie de la construction. - La proportion de décès par électrocution dans l'industrie de la construction est significativement plus élevée chez les jeunes travailleurs que dans toutes les autres industries. <p>Janicak (2008)</p>
Japon	1959-2003	<ul style="list-style-type: none"> - 60 % des décès causés par un contact avec le courant électrique ont été dans le secteur de la construction (environ 100 par an). <p>Ichikawa (2016)</p>
Taiwan	1996-2002	<ul style="list-style-type: none"> - Sur 255 cas d'électrocution étudiés dans le secteur de la construction sur la période indiquée, 24,3 % ont été causés par des défaillances des outils et des équipements, 20,8 % sont le résultat de mauvaises pratiques de travail, 13,7 % sont dus au contact accidentel avec des parties sous tension et 9 % ont pour cause des défauts de mise hors tension des systèmes électriques. <p>Chi <i>et al.</i> (2009)</p>

Le contrôle des énergies fait partie des recommandations à mettre en place dans certaines études. Selon Janicak (2008), la mise en œuvre de programmes efficaces de contrôle des énergies et la vérification de l'absence d'énergie pourraient éviter environ 125 décès par an aux États-Unis dans le secteur de la construction. Selon McCann *et al.* (2003), le contrôle des énergies dangereuses n'était pas une pratique utilisée à grande échelle dans la construction aux États-Unis. Des études taiwanaises ont d'ailleurs démontré que la première cause de décès faisant suite à un contact électrique est le non-respect des consignes de sécurité telles que le

travail sous tension, le non-maintien des distances de sécurité, l'utilisation d'équipements de protection individuelle inappropriés et les mauvaises pratiques de travail (Chi *et al.*, 2009). La majorité des publications sur la sécurité dans le secteur de la construction confirment d'ailleurs que la formation des travailleurs et l'implantation d'une culture de sécurité améliorent les compétences des travailleurs pour identifier les dangers ainsi que leurs comportements de sécurité (Hinze *et al.*, 2005; McCann, 2006).

2.3.2 Spécificités du secteur de la construction concernant la SST

Les projets de construction se distinguent notamment par leur complexité grandissante, leur unicité ou encore une main-d'œuvre en mouvement (Feng et Trinh, 2019). Certaines caractéristiques du secteur peuvent complexifier la gestion de la SST dont fait partie le contrôle des énergies. Le tableau 3, sans être exhaustif, détaille quelques éléments en lien avec ce point (Fang et Wu, 2013; Wang *et al.*, 2016).

Tableau 3. Exemples de difficultés présentes lors d'un projet de construction, pouvant avoir un impact sur la gestion de la SST

Spécificité	Exemple
Complexité du processus de construction	Chantier en évolution constante, activités transitoires et interreliées, coactivité et rotation des travailleurs, travaux en extérieur
Incertitude et planification des chantiers	Écart attendu entre la planification et l'exécution des projets, perturbations non planifiées et optimisation continue de la planification pour respecter les délais et parer les écarts
Nombre d'intervenants importants dans le processus	Diversité des corps de métiers et des intervenants impliqués au cours des différentes phases du projet (ex. : architectes et ingénieurs en période de conception, contractants en phase de construction, client en phase d'exploitation), diversité des tailles d'entreprises intervenantes
Main-d'œuvre et culture en SST variées	Main-d'œuvre en mouvement, d'origine diverse et majoritairement temporaire, culture rigide et résistante au changement, comportement sécuritaire déficient et gestionnaires peu impliqués

Pour être efficaces, les systèmes de gestion dans le secteur de la construction doivent miser sur une bonne synergie des ressources humaines, matérielles et organisationnelles (Jiang, 2012). Cela s'applique à la gestion du contrôle des énergies qui demande, comme nous l'avons vu, une planification des travaux (ex. : procédure écrite avec identification des sources d'énergie, matériel adéquat), du personnel formé, de la communication, de la supervision et du suivi. Les spécificités du secteur de la construction rendent également la transition vers l'ère numérique complexe, bien que plusieurs pays aient initié cette transition à travers des programmes nationaux de financement et l'implémentation de mandats « *Building Information Modelling* » (BIM, ou MDB en français pour modélisation des données d'un bâtiment) (Arayici et Coates, 2012; Fagnoli et Lombardi, 2020; Smith, 2014).

3. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie utilisée est principalement basée sur une collecte de données auprès des quatre corps de métier ciblés, c.-à-d. électriciens, tuyauteurs, frigoristes et mécaniciens (section 3.2). Un travail de recension des connaissances a été effectué au préalable grâce à une revue de la littérature (chapitre 2) ainsi qu'à une analyse des accidents du travail graves et mortels, notamment pour cibler les situations à risque (section 3.1).

3.1 Analyse des accidents du travail

Dans la première phase de l'étude, une recension des connaissances sur le cadenassage et sur les autres méthodes de contrôle des énergies dans le secteur de la construction a été réalisée (chapitre 2). Ce travail a surtout permis de faire ressortir les situations à risque spécifiques à ce secteur d'activité en lien avec le contrôle des énergies et a servi de référence pour le développement de l'outil de collecte de données dans la deuxième phase (ex. : différence entre les types de chantiers, énergie électrique prédominante).

Par la suite, les accidents du travail graves et mortels dus à un problème de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec ont été compilés pour la période 1990-2017. La base de données de la CNESST, qui assure 85 % des travailleurs actifs au Québec, a été consultée (<https://www.centredec.cnesst.gouv.qc.ca/>). Au Québec, la CNESST enquête les accidents mortels qui sont sous sa compétence, à l'exclusion des accidents de la route et des agressions, ce qui n'a pas d'influence pour notre étude. Quelques accidents graves sont également analysés en fonction de la gravité, de la médiatisation et des technologies en jeu.

Tous les rapports d'enquête d'accidents graves et mortels disponibles pour la période 1990-2017 ont été consultés. Cela correspond à 1 646 rapports d'enquête pour une recherche effectuée en avril 2018. Par la suite, pour qu'un rapport soit sélectionné, il fallait que l'accident (1) ait eu lieu sur un chantier de construction au sens de la LSST² ou dans un contexte de sous-traitance des travaux, (2) soit survenu lors d'une intervention de type hors production comme définit dans l'article 2.20.2 du CSTC, et (3) soit lié à un problème de contrôle des énergies sur un équipement industriel. Le travail de sélection a été basé sur la lecture du résumé du rapport d'accident et la classification des rapports par la CNESST (ex. groupes « cadenassage » et « chantier de construction »). Les cas litigieux ont été jugés par deux membres de l'équipe de recherche.

Au final, 30 rapports d'enquête ont été retenus sur la période, soit environ 1,8 % des dossiers consultés. Le détail des 30 rapports d'accident retenus a été compilé dans un tableur Excel© (Microsoft Corporation, 2016). Des analyses par tableaux croisés dynamiques ont été menées. Les éléments compilés sont résumés au tableau 4.

² « [...] lieu où s'effectuent des travaux de fondation, d'érection, d'entretien, de rénovation, de réparation, de modification ou de démolition de bâtiments ou d'ouvrages de génie civil exécutés sur les lieux mêmes du chantier et à pied d'œuvre, y compris les travaux préalables d'aménagement du sol, les autres travaux déterminés par règlement et les locaux mis par l'employeur à la disposition des travailleurs de la construction à des fins d'hébergement, d'alimentation ou de loisirs. » (*Loi sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ c. S-2.1)

Tableau 4. Informations compilées à partir des 30 rapports d'enquête de la CNESST

Thème	Détail
Caractéristiques de l'accident	<ul style="list-style-type: none"> - Brève description de l'accident - Causes de l'accident retenues par l'inspecteur - Nombre de blessés graves et nombre de décès - Type d'accident (ex. : électrocution, chute, pièce en mouvement) - Équipement impliqué - Activité de travail en cours - Principale énergie en cause
Caractéristiques des travailleurs accidentés (pas toujours disponible)	<ul style="list-style-type: none"> - Âge - Sexe/genre - Fonction lors de l'accident - Expérience dans la fonction - Appartenance à un corps de métier
Contexte/conditions de l'accident	<ul style="list-style-type: none"> - Date et heure de l'accident - Secteur industriel - Activité du MO, activité de l'employeur - Lieu de l'accident - Travail seul ou en groupe - Coactivité avec d'autres corps de métier - Procédures de travail présentes et appliquées

De plus, 34 accidents causés par un contact direct et indirect avec une ligne électrique aérienne ont également été recensés (ex. contact accidentel avec une échelle). Ces accidents n'ont cependant pas été retenus dans le cadre de cette étude puisque l'activité de travail ne consistait pas à intervenir sur la ligne aérienne en tant que telle. De plus, la gestion de ce type de risque fait l'objet d'une réglementation à part entière (*Code de sécurité pour les travaux de construction*, RLRQ c. S-2.1, r. 4, section V). Ce nombre d'accidents démontre toutefois que cette problématique est encore présente sur les chantiers.

D'un point de vue méthodologique, l'analyse des accidents a permis aux chercheurs de se familiariser avec les situations à risque les plus courantes dans le secteur de la construction, en lien avec un mauvais contrôle des énergies. De plus, ce travail a permis de favoriser les échanges lors des entrevues lorsqu'il était question des risques lors des interventions (ex. électrocution en étant en hauteur pour les électriciens).

3.2 Entrevues semi-dirigées

La méthodologie relative aux entrevues avec des intervenants du milieu de la construction se décline en deux parties : (1) recrutement des participants et déroulement de la collecte des données, et (2) outil de collecte et d'analyse des données. Cette partie de la méthodologie est basée sur des approches de recherche qualitatives (Aubin-Auger et al., 2008; Gillham, 2000; Laforest et al., 2011).

3.2.1 Recrutement des participants et collecte de données

Pour chaque corps de métier ciblé (c.-à-d. électriciens, tuyauteurs, frigoristes et mécaniciens), il était prévu de rencontrer une dizaine d'intervenants pour une entrevue semi-dirigée, à l'aide d'un questionnaire (cf. section 3.2.2). Les critères de sélection des participants étaient :

- Œuvrer dans le secteur de la construction : entrepreneur, travailleur syndiqué, formateur, conseiller d'une association (ex. : professionnelle, syndicale), experts attirés aux chantiers de la construction.
- Posséder au moins 2 ans d'expérience dans le secteur de la construction afin de pouvoir partager des situations de travail variées.
- Faire partie d'une corporation ou d'une association professionnelle ou syndicale reconnue dans leur métier (ex. : CMEQ, Corporation des maîtres mécaniciens en tuyauterie du Québec (CMMTQ), Corporation des entreprises de traitement de l'air et du froid (CETAF)) ou pour les participants ne faisant pas partie d'une corporation, avoir une formation et une expertise rattachées à un des quatre corps de métier ciblés.
- Intervenir sur différents types de chantiers (c.-à-d. résidentiel, institutionnel/commercial, industriel et génie civil) afin de couvrir des situations de travail variées.

Le nombre de dix participants par corps de métier 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. Cette approche a été utilisée dans les études antérieures (ex. Chinniah et *al.*, 2019). Elle n'a pas pour objectif de faire une analyse statistique à partir des données.

Les participants ont été recrutés par l'intermédiaire des membres du comité de suivi (ex. : associations syndicales et patronales, corporation) et par démarchage. Une rémunération forfaitaire de 100 \$ (pour une durée maximale de deux heures d'entrevue) avait été prévue afin de faciliter le recrutement. Lors du recrutement des participants et de la rencontre, le protocole d'éthique de la recherche relatif à l'étude a été respecté. Il s'agit principalement d'informer les participants sur les modalités de réalisation des entrevues et de leur assurer la confidentialité des données recueillies (annexe A). Une approbation éthique a été obtenue du comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal (CÉR 1617-62).

Pour s'assurer de la qualité des informations, la collecte des données a été faite en personne au cours d'un déplacement dans le lieu choisi par le participant. Le lieu devait être propice aux discussions et aux exigences de confidentialité. Deux membres de l'équipe de recherche étaient présents pour permettre le questionnement sur l'ensemble des thèmes. Les entrevues ont duré en moyenne 90 minutes, ont été enregistrées avec le consentement du participant et ont eu lieu après les heures de travail.

Au final, 38 participants ont été rencontrés sur une période de 20 mois (de mai 2018 à décembre 2019). Le groupe de frigoristes a été limité à huit devant l'homogénéité des données recueillies pour ce groupe et l'absence de volontaires supplémentaires. Deux intervenants experts ont été recrutés pour le groupe d'électriciens afin de recueillir un point de vue différent sur le métier. Du

tableau 5 au tableau 7, l'échantillon de participants est décrit selon le rôle, l'ancienneté et la taille de l'entreprise pour laquelle les participants travaillaient au moment de l'entrevue. L'idée directrice était d'obtenir un échantillon le plus varié possible, tout en respectant les critères de sélection des participants.

Tableau 5. Rôle des participants par corps de métier

Corps de métier	Rôle occupé				Total
	Apprenti	Compagnon	Contremaître	Autre	
Électricien	1	5	2	2	10
Frigoriste	0	8	0	0	8
Mécanicien	0	6	4	0	10
Tuyauteur	0	7	3	0	10
Total	1	26	9	2	38

Tableau 6. Ancienneté des participants par corps de métier

Corps de métier	Ancienneté dans le métier (année)			Ancienneté dans l'entreprise (année)			
	2-5	6-10	> 10	< 1	2-3	> 3	n.d.*
Électricien (10)	2	4	4	2	2	6	0
Frigoriste (8)	0	1	7	1	1	6	0
Mécanicien (10)	1	2	7	4	0	3	3
Tuyauteur (10)	3	2	5	1	2	6	1
Total	6	9	23	8	5	21	4

* n.d. : non disponible

Tableau 7. Statut des participants et nombre de travailleurs dans l'entreprise des participants

Corps de métier	Taille de l'entreprise (n ^{bre} de salariés)			Nombre de participants entre 2 contrats
	1 à 49	50 à 99	100 et +	
Électricien (10)	4	2	3	1
Frigoriste (8)	2	0	6	0
Mécanicien (10)	3	2	3	2
Tuyauteur (10)	5	1	3	1
Total	14	5	15	4

Concernant le rôle des participants, l'échantillon se compose essentiellement de compagnon/contremaître (35/38) (tableau 5). Deux contremaîtres étaient aussi propriétaires de leur compagnie. En lien avec cette donnée, 60 % des participants avaient plus de dix ans d'expérience dans leur métier (tableau 6). Si on regarde par corps de métier, on s'aperçoit que les échantillons de frigoristes et de mécaniciens incluaient des travailleurs étant un peu plus expérimentés que ceux des deux autres corps de métier, avec respectivement 75 % et 70 % des

participants ayant plus de dix ans d'ancienneté. Ces données respectent le critère associé à l'expérience des participants. L'échantillon comprend tout de même 16 % des participants ayant entre deux et cinq ans d'ancienneté dans le métier. Cela a permis d'avoir accès au point de vue de personne relativement jeune dans leur métier. En ce qui concerne la formation professionnelle, 8 % des participants ont fini leurs études avec un niveau d'étude secondaire (2^e cycle), 76 % avec un diplôme d'études professionnelles (DEP) et enfin 16 % avec une attestation ou un diplôme d'études collégiales (AEC, DEC). Certains participants avaient également suivi des formations techniques spécifiques notamment pour les installations au gaz naturel (ex. : certificat en technique d'appareils au gaz classe 1, TAG 1).

Concernant l'ancienneté dans l'entreprise actuelle, 20 % des travailleurs interrogés avaient moins d'un an d'ancienneté. Dans le secteur de la construction, de par son mode de fonctionnement (ex. : placement syndical, durée des chantiers), plusieurs travailleurs sont amenés à changer régulièrement d'employeurs. Une forte majorité (86 %) de participants étaient en emploi lors de l'entrevue (32 salariés, 2 propriétaires); les autres participants étaient entre deux contrats (tableau 7). Enfin, 89 % des participants étaient syndiqués.

Concernant la taille des entreprises pour lesquelles travaillaient les participants, 37 % avaient moins de 50 employés (dont certaines n'employaient que 2 personnes) et 39 % des entreprises avaient plus de 100 employés. L'échantillon est varié pour ce critère pour les quatre corps de métier, même si les frigoristes œuvraient proportionnellement plus pour de grandes entreprises. Cet élément de variabilité est intéressant, car les moyens en SST entre une entreprise de deux employés et de 100 employés ne sont pas les mêmes.

3.2.2 Outil de cueillette de données et analyse

Une entrevue semi-dirigée a été effectuée avec chacun des participants (Laforest *et al.*, 2011). L'objectif était notamment que le participant verbalise des expériences passées afin de pouvoir les comparer avec les exigences réglementaires en vigueur. Ces entrevues ont été menées à l'aide du questionnaire (guide d'entretien) disponible à l'annexe B. Ce type de questionnaire permet d'aborder les thèmes souhaités lors de l'entrevue (Gillham, 2000).

Le contenu du questionnaire est inspiré de la section 2.20 du CSTC (RLRQ c. S-2.1, r. 4), de la norme CSA Z460-20 sur le contrôle des énergies (CSA, 2020), des spécificités identifiées lors de la première phase de l'étude ainsi que du questionnaire développé lors d'une étude antérieure intitulée « Bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles » (Chinniah *et al.*, 2019). Le questionnaire a été testé et légèrement ajusté au cours des deux premières entrevues, notamment sur le sujet de la réglementation en vigueur (c.-à-d. sujet abordé plus tôt que prévu initialement lors de l'entrevue). Le questionnaire était constitué de quatre blocs :

1. Identification du participant : formation professionnelle, expérience, types de chantiers où le participant a œuvré, permettant d'orienter la suite de l'entrevue, formation et connaissances sur le contrôle des énergies et réglementation associée.
2. Pratique du contrôle des énergies en lien avec les exigences réglementaires : contexte d'utilisation du cadenassage, organisation du matériel et des procédures, méthodes alternatives, accueil du MO, etc.

3. Description d'expériences de travail typiques pour deux types de chantiers ciblés avec le participant : récit ouvert d'interventions typiques vécues récemment pour chaque type de chantiers (ex. : relation avec le MO, sources d'énergie, matériel utilisé).
4. Spécificités : retour avec le participant sur l'influence de certains facteurs sur le contrôle des énergies tels que le type de construction (c.-à-d. neuve ou rénovation), le type d'intervention (ex. : appels de service ponctuel, chantiers de longue durée), la communication avec le MO, la coactivité entre divers corps de métier ou encore les installations temporaires.

Basée sur les méthodes associées aux recherches qualitatives, l'analyse des données issues des entrevues semi-dirigées a été réalisée selon les étapes décrites ci-dessous (Gillham, 2000; Laforest *et al.*, 2011) :

1. Les entrevues ont été retranscrites. Le compte-rendu final a été validé par les membres de l'équipe présents lors de la visite.
2. Les données de chaque participant ont été classées par thèmes dans une grille d'analyse développée sous le logiciel Excel© (Microsoft Corporation, 2016). Les thèmes de la grille d'analyse sont liés à ceux du questionnaire. Certains éléments étaient dénombrables tandis que d'autres étaient textuels.
3. Les tendances par corps de métier et par type de chantiers ont ensuite été dégagées en filtrant et en croisant les données classées. Une analyse mettant en parallèle les pratiques vécues et les obligations réglementaires en vigueur a notamment été effectuée.

4. RÉSULTATS – ANALYSE DES ACCIDENTS DU TRAVAIL GRAVES ET MORTELS

Cette section présente les tendances identifiées pour les 30 accidents graves ou mortels retenus, dus à un problème de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec pour la période 1990-2017. Cette synthèse permet de cibler les situations les plus à risque et offre un portrait pour une période essentiellement antérieure à 2016, année pendant laquelle des changements ont été apportés au CSTC.

4.1 Échantillon

Les 30 événements accidentels répertoriés se résument comme suit :

- 32 victimes soit 27 décès et 5 blessés graves. Un accident a causé deux décès et un autre accident a fait deux blessés graves.
- En moyenne, un accident mortel par année est lié à un problème de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec. Ce chiffre est conforme au tableau 1.
- Taux moyen de 0,65 décès par 100 000 travailleurs de la construction.

4.2 Répartition de l'échantillon pour la période étudiée

La figure 2 présente la répartition des décès et des blessés graves par année pour la période étudiée. Aucune tendance forte dans le temps ne peut être observée. Certaines années, il n'y a pas eu d'accidents graves et mortels tandis que d'autres années, on en compte jusqu'à quatre. Après une période plus positive entre 2010 et 2014, les années 2015 à 2017 ont été moins favorables.

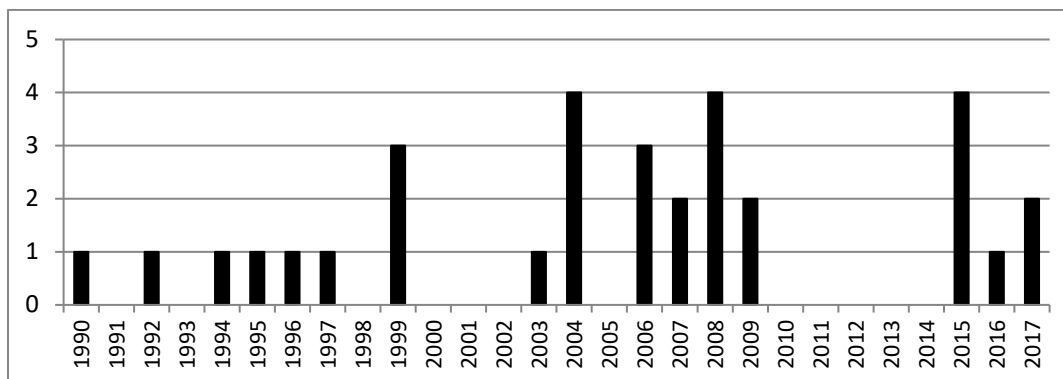


Figure 2. Nombre de décès et de blessés graves dus à un problème de contrôle des énergies dangereuses, dans le secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017.

4.3 Types de chantiers et de contrat

Selon la répartition des accidents par type de chantiers présentée au tableau 8, les chantiers commerciaux et industriels représentent 75 % des cas répertoriés, et ce, à parts égales.

Tableau 8. Répartition des décès et des blessés graves selon le type de chantiers (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017)

Type de chantiers	Décès et blessés graves	
	Nombre	Proportion du nombre total
Résidentiel	5	16 %
Commercial	12	37,5 %
Industriel	12	37,5 %
Génie civil	3	9 %

Le tableau 9 présente la répartition des accidents par type d'équipement en cause. Plus précisément, on constate que :

- Les accidents du secteur résidentiel ont eu lieu dans des tours à condominium, notamment pour des problèmes en lien avec l'alimentation électrique et l'entretien des ascenseurs.
- Le secteur commercial est en premier lieu concerné par des accidents en lien avec des travaux de type « construction/rénovation/démantèlement » de bâtiments. Les équipements en cause sont notamment associés à l'installation d'équipements électriques (ex. : luminaire, câble, boîte de jonction, interrupteur, chauffage).
- Le secteur industriel est davantage concerné par des accidents en lien à des contrats d'entretien ponctuel. Les équipements en cause sont plus diversifiés que dans le secteur commercial, même si les installations électriques sont également largement représentées.
- Les accidents dans le secteur du génie civil ont lieu lors de travaux de type « construction/rénovation/démantèlement ». Les équipements concernés sont surtout des pièces d'équipement lourd en mouvement.

Tableau 9. Répartition des décès et des blessés graves selon le type de chantiers et l'équipement en cause (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017)

Type de chantiers	Équipement en cause	Nombre de décès et de blessés graves
Résidentiel (tour à condo)	Aérotherme	1
	Ascenseur	1
	Cabinet électrique - barre omnibus	1
	Sectionneur	2
Commercial	Alimentation lumineuse	5
	Interrupteur lumineuse	2
	Serpentin de chauffage	2
	Boîte de jonction	1
	Câble électrique	1
	Cylindre d'entraînement	1
Industriel	Turbine	2
	Alimentation lumineuse	1
	Arbre d'un convoyeur	1
	Autoclave - Barre omnibus	1
	Cabinet électrique - lame sectionneur	1
	Cage - élévateur à caisse	1
	Disjoncteur (cellule)	1
	Ligne électrique - Pylône	1
	Nacelle - Porte de garage	1
	Sous-station électrique - Barre omnibus	1
	Tarière	1
	Génie civil	Malaxeur - Pompe à béton
Tambour convoyeur		1
Tamis - Tambour rotatif		1

4.4 Type d'accidents et causes

Selon le tableau 10, 66 % des victimes ont été en contact direct ou indirect avec une pièce sous tension, dans l'une ou l'autre des situations suivantes :

- Électrocution (ex. : sectionneur, barre omnibus). Exemple d'un scénario : Un travailleur pénètre dans une cellule de disjoncteur pour planifier le remplacement d'un autre disjoncteur. Il entre en contact avec un cavalier sous tension (CNESST, EN-004166, 2018).
- Électrocution/électrisation suivie d'une chute de hauteur lors de l'installation de luminaires. Exemple de scénario : Lors du changement d'un câble armé, un travailleur entre en contact avec l'extrémité d'un conducteur sectionné sous tension. Le travailleur subit un

choc électrique, perd l'équilibre et tombe sur le plancher de béton à partir d'un escabeau » (CNESST, EN-003713, 2008).

- Explosion suivant un contact avec une pièce sous tension (ex. : cabinet électrique, sectionneur). Exemple de scénario : En travaillant sur le mécanisme d'ouverture du sectionneur avec un tournevis, un contact s'est produit entre une des trois phases et le mécanisme d'ouverture du sectionneur. Il s'en est suivi une explosion. » (CNESST, EN-003714, 2007).

Tableau 10. Répartition des décès et des blessés graves selon le type d'accident (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017)

Situation accidentelle	Type d'accident	Décès et blessé grave	
		Nombre	Proportion du nombre total
Contact direct ou indirect avec une pièce sous tension (66 %)	Électrocution	13	41 %
	Électrocution suivie d'une chute	5	16 %
	Explosion (contact électrique)	3	9 %
Contact avec une pièce en mouvement (34 %)	Happement/écrasement	8	25 %
	Frappé par	2	6 %
	Frappé par suivi d'une chute	1	3 %

La répartition des victimes en fonction du type d'accident doit être mise en relation avec les données du tableau 11 présentant la répartition de celles-ci selon leur titre d'emploi. Ainsi, les travailleurs provenant des catégories électriciens, apprentis électriciens, contremaître électrique et monteur de ligne représentent la moitié de l'échantillon. Le groupe d'électriciens constitue la première catégorie de travailleurs pour les secteurs résidentiel, commercial et industriel. Les causes énoncées dans les rapports d'accident sont : des méthodes de travail non sécuritaires avec notamment du travail sous tension volontaire ou involontaire, des pièces sous tension accessibles, du travail effectué par des personnes non compétentes ou un manque de supervision. Il est à noter que 33 % (7/21) des cas en lien avec un contact électrique ont impliqué un non-électricien (ex. : préposé à l'entretien, plombier, menuisier, mécanicien). Le problème des travaux électriques effectués pas des non-électriciens a été signalé dans plusieurs rapports d'enquête, notamment dans le secteur commercial. Globalement, on note que des corps de métier non spécialistes sont impliqués dans près de 33 % des cas que ce soit par coactivité (ex. câbleur) ou non-respect des champs de compétences (ex. cas impliquant l'électricité).

Tableau 11. Répartition des décès et des blessés graves selon le titre d'emploi (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017)

Fonction travailleurs	Décès et blessés graves	
	Nombre	Proportion du nombre total
Électricien	11	34 %
Préposé à l'entretien	4	13 %
Apprenti électricien	3	9 %
Opérateur de machine	3	9 %
Mécanicien	3	9 %
Contremaître électrique	1	3 %
Contremaître ferblantier	1	3 %
Plombier	1	3 %
Monteur de ligne	1	3 %
Menuisier	1	3 %
Journalier	1	3 %
Entrepreneur général	1	3 %
Câbleur	1	3 %

L'autre tiers des victimes du tableau 10 ont été en contact avec une pièce en mouvement, dans l'une ou l'autre des situations suivantes :

- Happement/écrasement (ex. : ascenseur, malaxeur, turbine, tambour convoyeur). Exemple de scénario : Pendant une opération d'entretien sur un trottoir roulant, le travailleur s'est fait coincer la main entre un cylindre en mouvement et sa courroie (CNESST, EN-004103, 2016a).
- « Frappé par » (ex. : positionneur sur convoyeur, tarière). Exemple de scénario : Un travailleur nettoie sous un convoyeur à chaînes, à une jonction d'équipements, lorsqu'il est frappé à la tête par le déplacement soudain du convoyeur-positionneur de la fendeuse adjacente (CNESST, EN-003503, 2005).
- « Frappé par » suivi d'une chute de hauteur. Exemple de scénario : Durant le changement de câbles informatiques avec une plateforme élévatrice, la porte du quai adjacent se met en mouvement. Elle fait basculer la plateforme élévatrice et provoque la chute du travailleur (CNESST, 2009, EN-003773).

Les causes énoncées dans les rapports d'accident sont : des machines avec des pièces en mouvement accessibles (ex. absence de protecteurs), des méthodes de travail non sécuritaires avec un arrêt des machines non contrôlé et une remise en mouvement accidentelle, ou des problèmes de coordination et de supervision. Les contacts avec une pièce en mouvement sont

surtout présents dans les secteurs du génie civil et industriel. Le secteur du génie civil est d'ailleurs exclusivement touché par les cas impliquant une pièce en mouvement. À noter que le secteur industriel semble le plus hétérogène sur la question du contrôle des énergies, car les accidents étudiés dans ce secteur sont également répartis entre contact avec une pièce sous tension et contact avec une pièce en mouvement.

4.5 Gestion des risques

À l'instar de nombreuses analyses d'accidents graves et mortels, les résultats de l'enquête pointent vers une gestion des risques déficiente par les entreprises impliquées. En effet, d'après le tableau 12, seule la moitié des entreprises concernées avait développé une procédure de travail pour le contrôle des énergies lors de l'exécution de travaux. Parmi ces entreprises, seules quatre avaient une procédure de travail spécifique à la situation, comme mentionné dans le CSTC.

Tableau 12. Procédure de contrôle des énergies et formation indiquées dans les rapports d'accidents graves et mortels recensés (problème de contrôle des énergies, secteur de la construction au Québec, de 1990 à 2017)

Procédure existante	Nombre
Non	15
Oui - Directives générales	11
Oui - Procédure spécifique	4
Méthode de travail adéquate appliquée (procédure)	Nombre
Non	27
Oui, mais tous les risques ne sont pas pris en compte	3
Formation en cadenassage ou contrôle des énergies	Nombre
Non	14
Oui	5
Inconnu	11

À noter que le contexte de sous-traitance et de travaux évolutifs dans ce secteur d'activité rend la planification à la fois plus exigeante et essentielle. Aussi, dans 27 des 30 cas, aucune procédure n'a été appliquée. Ainsi, même lorsque la procédure était existante, elle a très rarement été suivie. Dans les trois cas où la procédure a été suivie, tous les risques n'étaient pas pris en compte. Enfin, sur les 19 cas où l'information était disponible dans les rapports, seules quatre entreprises avaient formé ses travailleurs sur le cadenassage et sur le contrôle des énergies.

Pour finir, il est intéressant de noter que le travail sur les chantiers se fait souvent en équipe. Dans les rapports d'enquête, on dénombre 17 cas sur 30 où le travail se faisait à plusieurs travailleurs, que ce soit sur une même tâche (7/17), à plusieurs travailleurs sur des tâches indépendantes (ex. installation électrique) (9/17) ou en coactivité avec d'autres corps de métier (1/17). D'ailleurs, lorsqu'il y avait travail en coactivité, c'est justement cette coactivité qui a été à l'origine de l'accident (c.-à-d. mauvaise communication entre les équipes). Le travail en équipe

est un facteur de risque organisationnel qui doit être pris en compte sur les chantiers surtout dans le dossier du contrôle des énergies (ex. mise sous tension accidentelle).

4.6 Faits saillants

Les faits à retenir de l'analyse des accidents graves et mortels dus à un problème de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec pour la période 1990-2017 sont les suivants :

- 66 % des victimes l'ont été par un contact direct ou indirect avec une pièce sous tension. L'autre tiers ont été victimes d'un contact avec une pièce en mouvement.
 - Les travailleurs qui œuvrent dans le domaine électrique représentent la moitié de l'échantillon des victimes. Les électriciens sont la première catégorie de travailleur pour les secteurs résidentiel, commercial et industriel. Les causes énoncées dans les rapports d'accident pour les risques électriques sont : des méthodes de travail non sécuritaires avec notamment du travail sous tension volontaire ou involontaire, des pièces sous tension accessibles, du travail effectué par des personnes non compétentes, ou un manque de supervision.
 - Les causes énoncées dans les rapports d'accident pour les risques liés à des pièces en mouvement sont : des machines ayant des pièces en mouvement accessibles, des méthodes de travail non sécuritaires avec un arrêt des machines non contrôlé ou une remise en mouvement accidentelle, ou des problèmes de coordination et de supervision.
- Les chantiers commerciaux et industriels représentent 75 % des cas répertoriés :
 - Le secteur commercial est quasi exclusivement impliqué dans des cas de contact électrique. Les équipements en cause sont liés à l'installation d'équipements électriques (ex. : luminaire, câble).
 - Le secteur industriel est plus hétérogène sur la question du contrôle des énergies. Par ailleurs, les accidents ont eu lieu en majorité lors de contrats d'entretien ponctuel.
- Des corps de métier non spécialistes sont impliqués dans près de 33 % des cas, que ce soit par coactivité (ex. câbleur) ou par outre passément des compétences (ex. cas impliquant l'électricité). Le cas des non-électriciens dans le secteur commercial est notamment ressorti.
- Le travail sur les chantiers se fait souvent à plusieurs (en équipe ou en coactivité). Il s'agit d'un facteur de risque organisationnel à considérer.

Au final, le risque électrique et les secteurs commercial et industriel sont des facteurs de risques étant ressortis de cette analyse. Toutefois, ces statistiques nous illustrent aussi le nombre important de variables à considérer en matière de prévention, que ce soit le risque mécanique, les différents corps de métier impliqués, le type d'intervention, le respect des compétences, l'élaboration et le respect des procédures de travail ou encore la supervision.

5. RÉSULTATS – ENTREVUES

Cette section présente les résultats des entrevues menées avec l'échantillon de participants décrit à la section 3.2.1. Cette section aborde par corps de métier et par type de chantiers les incidents, les questions de formation, de matériel et de gestion ainsi que les critères utilisés par les participants pour choisir une méthode de contrôle des énergies.

5.1 Caractéristiques de l'échantillon – Expériences partagées

Les expériences des 38 participants couvrent tous les types de chantiers, même s'il a été difficile de recruter des participants œuvrant dans le domaine du génie civil (tableau 13). La plupart des participants ont œuvré sur au moins deux types de chantiers. La quasi-totalité des participants a œuvré dans le secteur industriel. La remarque vaut aussi pour le secteur commercial/institutionnel à l'exception des mécaniciens qui œuvraient surtout dans le secteur industriel (c.-à-d. mécanicien industriel). Pour le secteur résidentiel, la plupart des électriciens y font des contrats, alors que seulement la moitié des tuyauteurs et des frigoristes ont déclaré y faire des interventions. Pour les types de construction, les chantiers neufs et existants ont été couverts dans la quasi-totalité des entrevues.

Les participants ont décrit un total de 95 expériences récentes nécessitant un contrôle des énergies dangereuses (que ce contrôle soit fait ou non) pour les chantiers résidentiels, commercial/institutionnel et industriel. Le tableau 14 compile ces expériences par corps de métier et par type de chantiers. Un participant pouvait décrire entre une et quatre expériences dans les types de chantiers de son choix.

En lien avec le tableau 13, la plupart des expériences partagées ont été dans le secteur commercial/institutionnel et le secteur industriel. Peu d'expériences dans le secteur résidentiel ont été détaillées en-dehors des électriciens puisque, selon les participants, le cadenassage n'est pas vraiment pratiqué dans ce secteur. Ce point a toutefois fait l'objet de discussions spécifiques lors des entrevues.

Tableau 13. Type de chantiers et type de construction où les participants ont travaillé, par corps de métier

Corps de métier	Type de chantiers				Type de construction	
	Résidentiel	Commercial/ institutionnel	Industriel	Génie civil	Neuf	Existant
Électricien (10)	9	10	7	0	10	9
Frigoriste (8)	4	8	8	1	6	8
Mécanicien (10)	1	3	9	5	9	10
Tuyauteur (10)	4	10	10	0	10	9
Total	18	31	36	6	35	36

Tableau 14. Nombre d'expériences récentes partagées lors des entrevues, par corps de métier et par type de chantiers

Corps de métier	Expérience partagée par type de chantiers			Total
	Résidentiel	Commercial/institutionnel	Industriel	
Électricien (10)	5	10	12	27
Frigoriste (8)	0	12	10	22
Mécanicien (10)	0	4	10	14
Tuyauteur (10)	1	17	14	32
Total	6	43	46	95

Concernant le secteur du génie civil, peu d'expériences représentatives ont été décrites par les participants. Seuls les mécaniciens ont partagé quelques informations. Ce secteur ne sera ainsi pas couvert dans la suite du rapport, faute de données. Seule la section 5.5.3 portant sur les expériences rapportées par les mécaniciens en fait mention.

5.2 Situations de contrôle des énergies et incidents

5.2.1 Situations de travail nécessitant le contrôle des énergies

Le tableau 15 résume, par corps de métier, les principaux équipements, tâches et énergies concernés par le contrôle des énergies, selon l'échantillon de participants. Pour tous les corps de métier, les tâches concernées incluent l'installation, la maintenance (c.-à-d. entretien préventif, inspection), les bris (c.-à-d. diagnostic, réparation) jusqu'au démantèlement.

Pour les électriciens, les équipements concernés vont de l'alimentation des panneaux électriques, à l'appareillage électrique (ex. : disjoncteur, interrupteur, prise) jusqu'à la connexion des appareils (ex. : luminaire, moteur, machine industrielle). La principale source de danger est l'électricité notamment les voltages entre 12 V et 600 V. Toutefois, certains électriciens étaient spécialisés sur la plus haute tension (ex. 24 kV).

Les frigoristes interviennent sur les équipements qui permettent la climatisation et la réfrigération. Il s'agit entre autres de compresseurs, d'évaporateurs, de ventilateurs et de condenseurs que ce soit pour une unité monobloc de toit, une chambre froide ou un comptoir réfrigéré. Les énergies dangereuses sont avant tout électrique (ex. 600 V), chimique (ex. réfrigérant) ou mécanique (ex. : ventilateur, courroie). Il y a également les risques de chute lorsqu'on travaille sur les toits, même si cela ne fait pas partie du sujet de la présente étude.

Pour les mécaniciens industriels, tous les équipements mécaniques sont concernés (ex. : convoyeur, pont roulant, pompe, moteur). L'énergie mécanique cinétique et l'énergie électrique sont les plus présentes pour ce corps de métier.

Tableau 15. Équipements et tâches typiques impliquées dans le contrôle des énergies dangereuses, par corps de métier

Corps de métier	Équipement	Tâche
Électricien	<ul style="list-style-type: none"> - Panneau électrique : disjoncteur, sectionneur, etc. - Groupe électrogène - Transformateur - Câble, interrupteur, éclairage - Chauffage, ventilation, pompe à chaleur - Moteur, équipement industriel - Panneau de contrôle, automatisation, alarme/incendie 	<p>Le travail sur la haute tension et la basse tension doivent être dissociés.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construction de salle électrique - Installation, maintenance : panneau électrique, chauffage, pompe à chaleur, alimentation de machine, génératrices - Rénovation : panneau électrique, conduit, filage, appareillage BT - Diagnostic pour des installations de contrôle et d'automatisation
Frigoriste	<p>Système de climatisation et de réfrigération : compresseur, condenseur, détendeur, évaporateur et ventilateur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tous secteurs : unités monoblocs (ex. unités sur les toits), bi-blocs (ex. mini-split dans le résidentiel), aérothermes - Supermarchés, dépanneurs, restaurants : chambres froides, comptoirs réfrigérés, machine à glace - Industriel : entrepôts réfrigérés 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation - Mise en marche, démarrage - Entretien préventif - Réparation, diagnostic
Mécanicien	<ul style="list-style-type: none"> - Mécanicien industriel : tous types d'équipements industriels - machine, pont roulant, four, convoyeur, compresseur, pompe, moteur, trémie, chute automatisée, concasseur, robot, turbine, etc. - Mécanicien d'ascenseur : ascenseurs publics et privés, escaliers roulants, ascenseurs de chantier, monte-charge 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation - Inspection, maintenance (shutdown) - Réparation, appel de service - Démantèlement
Tuyauteur	<ul style="list-style-type: none"> - Tuyauterie, valve, réservoir, pompe, drain : eau, gaz naturel, produits chimiques, alcool, pétrole, etc. - Chaudières au gaz naturel ou à l'huile, brûleur au gaz, nourrice à vapeur - Chauffe-eau, radiateur 	<ul style="list-style-type: none"> - Installation, raccordement machines - Entretien préventif : inspection, nettoyage, test d'étanchéité, changement de joint, de filtre, changement de valves. - Réparation, appel de service

Enfin, les tuyauteurs interviennent sur les équipements qui permettent de transporter et d'utiliser l'eau, la vapeur, le gaz naturel, le pétrole, les produits chimiques ou alimentaires. Au-delà de la tuyauterie et des réservoirs, on peut citer les chaudières à gaz et à vapeur. Les sources de danger sont variées : chimique, thermique, pression. Les tuyauteurs craignent particulièrement la vapeur et les lieux où il y a de l'électricité à proximité.

De manière générale, la problématique du contrôle des énergies et du cadenassage n'est pas présente tant que l'équipement n'est pas encore alimenté, branché ou raccordé (ex. : chantier neuf, installation d'un nouvel équipement). Un exemple qui vaut respectivement pour les électriciens et les tuyauteurs serait le tirage de filage électrique ou l'assemblage de la tuyauterie sans qu'ils soient encore raccordés à leur source d'énergie (c.-à-d. panneau électrique, gaz, eau).

5.2.2 Incident, passé proche

En lien avec le chapitre 4 sur les accidents mortels, les incidents et les passés-proches liés à un problème de contrôle des énergies dans le secteur de la construction sont relativement fréquents si on se fie aux expériences des participants. En effet, près de 85 % des participants (32/38) ont déclaré avoir vécu ou assisté à un incident notable ou à un passé-proche en lien avec le contrôle des énergies (ex. : électrisation, redémarrage d'une machine sans conséquence).

5.2.2.1 Électriciens

La quasi-totalité des électriciens interrogés (7/8) a déjà été électrisée ou brûlée aux doigts, certains avec une tension électrique de 600 V. La plupart des incidents ont eu lieu lors de travaux sous tension qu'ils soient volontaires ou non. On peut citer comme incidents un contact accidentel avec le retour du neutre sur les luminaires commerciaux, un contact avec le haut du panneau qui est encore sous-tension et accessible, un contact lors de la vérification de tension, un disjoncteur non cadenassé remis à ON sans consultation par un autre travailleur, un filage mal-identifié menant à une électrisation et enfin un problème avec le test d'absence de tension (ex. crayon testeur inefficace avec les câbles armés). Les électriciens ont notamment mentionné :

- « J'ai déjà collé sur le 347 V dans le commercial. C'était dans un plafond suspendu. J'étais apprenti. Seul l'interrupteur était ouvert. J'ai pris le courant par le retour du neutre. »
- « Je travaillais sur un luminaire de secours [120 V, directement branché au panneau] sur un escabeau. Le travail se faisait sur le vivant, car on ne voulait pas couper l'électricité ailleurs. Par manque de concentration, je suis entré en contact avec ma pince avec une partie sous-tension. J'ai subi une électrisation au niveau du bras. »
- « J'ai eu un choc sur du 600 V. En tirant sur un fil, je suis entré en contact avec un brin qui n'était pas bien mis dans la *marrette*. Dans ce cas-ci, je ne pouvais pas couper la lumière du parking ».
- « Il y a avait des rénovations à cause du désamiantage, j'étais apprenti. Un panneau de 480 V était défait du mur, sous tension et suspendu par une installation temporaire. Lorsqu'il a fallu le refixer au nouveau mur (toujours sous tension), lors du revissage, une vis est tombée sur une barre d'alimentation. Il y a eu un arc et un breaker de 400 A a sauté ».

5.2.2.2 Frigoristes

Tous les frigoristes rencontrés ont été soit électrisés (ex. 600 V), soit happés par une courroie. En effet, les frigoristes font beaucoup de diagnostics sur les unités de climatisation et de réfrigération. À force d'arrêter et de repartir les équipements, ils ne se rappellent plus s'ils sont sous tension. Aussi, lors des diagnostics sur la basse tension, ils sont proches de la partie puissance du panneau. Les frigoristes ont notamment mentionné :

- « J'ai voulu finir de freiner une poulie [dépoussiéreur] avec mon gant par frottement. C'est quelque chose que je faisais souvent. J'étais un peu distrait, je faisais deux tâches en même temps. Mon gant a été entraîné par la poulie ». Le frigoriste s'est fracturé un doigt.
- « On intervenait sur un système de réfrigération dans une épicerie. Le breaker était à OFF [ventilateur]. À un moment donné, une lumière a brûlé. Le directeur du magasin est entré dans la salle de contrôle et a commencé à jouer dans les breakers au moment où on intervenait sur l'équipement ».
- « Une autre fois, je faisais du troubleshooting. Je vérifiais le 24 V sur un contacteur, il était très proche du transfo. J'ai reçu un choc en touchant le transfo avec la main (600 V) ».

5.2.2.3 Mécaniciens

Les incidents observés par les mécaniciens industriels ont été des redémarrages inopinés d'équipements que ce soit à cause de l'absence ou du mauvais cadenassage (ex. mauvais sectionneur). Les mécaniciens ont notamment mentionné :

- « Un travailleur intervenait sur un crusher [broyeur] dans une fonderie sans se cadenasser. Quelqu'un l'a remis en marche. Il a commencé à tourner avec le travailleur dessus. »
- « Une personne jouait près d'une barrière pour la réparer et à cause d'un mauvais cadenassage la barrière est repartie ».
- « Je nettoyais le ventilateur. Je suis parti en pause et quand je suis revenu le ventilateur avait fonctionné ».

5.2.2.4 Tuyauteurs

Les problèmes partagés par les tuyauteurs étaient en lien avec (i) la fermeture de la mauvaise valve ou la réouverture de celle-ci (non cadenassée) par un tiers, (ii) une valve défectueuse (non étanche), (iii) une purge déficiente ou le retour de produits (ex. : benzène, vapeur) ou encore (iv) la présence d'électricité à proximité lors de travaux sur la tuyauterie (ex. : ligne souterraine, panneau temporaire ouvert). Les tuyauteurs ont notamment mentionné :

- « Au moment de débrancher un *quick-connect*, il y a eu un retour de vapeur et le travailleur a été brûlé. »
- « On pensait avoir cadenassé avec une valve fermée. Mais, elle était cassée à l'intérieur et donc non étanche. »

- « J'ai fermé une valve pour travailler sur un équipement, et l'un de mes collègues est allé ouvrir cette valve ».
- « Je travaillais sur une chaudière électrique. J'ai fermé le sectionneur sans le cadenasser. J'ai inspecté mon unité et j'ai remarqué qu'un fusible était brûlé. Je l'ai remplacé, mais il n'était pas introduit correctement et j'ai voulu le réajuster. Avant, j'ai voulu savoir s'il y a du courant en testant avec un crayon. Je me suis rendu compte qu'il y avait du 600 V. J'avais oublié de mettre le sectionneur à OFF après plusieurs tests ».

5.3 Cadenassage et réglementation

Tous les participants à l'étude avaient une bonne compréhension du concept de « contrôle des énergies » et de l'application du cadenassage (cf. annexe B.II, question 200 : *En résumé, le cadenassage c'est quoi pour vous?*). La figure 3 est un nuage de mots créé à l'aide des définitions données par les participants (deux occurrences ou plus; <http://www.codeur.com>). Des exemples de définitions représentatives exprimées, en allant du plus simple au plus détaillé, sont : « C'est pour ma sécurité », « S'assurer que quand on travaille sur un équipement, personne ne l'alimente » et « C'est de couper toute alimentation de façon sécuritaire, chaque travailleur doit mettre son cadenas ».



Figure 3. Nuage de mots constitué des définitions du cadenassage données par les participants à l'étude.

Toutefois, selon les réponses données, un faible pourcentage des participants (18 %) connaissait la nouvelle réglementation en vigueur sur le contrôle des énergies. Concernant les ajouts réglementaires de 2016, une majorité (70 %) a affirmé ne pas avoir observé de grandes différences dans les pratiques depuis cette date. Toutefois, plusieurs participants s'entendent pour dire que le contrôle des énergies est en constante amélioration depuis plus de dix ans chez les clients, les apprentis et les employeurs, en commençant par le secteur industriel qui pousse les entrepreneurs à organiser leurs pratiques. Selon un des participants, « avant, le cadenassage, ça n'existait pas ».

Les participants au fait des changements dans le CSTC ont exprimé qu'ils trouvaient la section 2.20 très détaillée et pas toujours facile à mettre en œuvre en dehors du secteur industriel. Il y a, selon eux, un décalage entre les exigences du code et la réalité des chantiers résidentiels et

commerciaux, notamment concernant l'identification du MO ainsi que son travail d'encadrement et de coordination (ex. : matériel de cadenassage, procédure écrite). Sur les chantiers commerciaux, par exemple, le rôle de MO ne semble pas toujours clairement officialisé entre les différentes parties prenantes et, ainsi, personne ne prend pleinement la responsabilité de l'encadrement de l'application du cadenassage. La question de la fourniture du matériel est spécifiquement abordée à la section 5.4.2.

Finalement, la coupe des cadenas mentionnée dans le CSTC (art. 2.20.12) semble, selon les participants, adaptée au contexte des travaux de construction (ex. beaucoup d'intervenants de diverses entreprises).

5.4 Aspects de gestion en lien avec le contrôle des énergies

5.4.1 Formation spécifique

D'un point de vue réglementaire, le CSTC stipule que :

« 2.20.8. Avant d'appliquer une méthode de contrôle des énergies, le maître d'œuvre doit s'assurer que les personnes ayant accès à la zone dangereuse de la machine sont formées et informées sur les risques pour la santé et la sécurité liés aux travaux effectués sur la machine et sur les mesures de prévention spécifiques à la méthode de contrôle des énergies appliquée » (*Code de sécurité pour les travaux de construction*, RLRQ c. S-2.1, r. 4).

Sans prendre en compte le cours « Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction » qui est obligatoire pour toute personne œuvrant principalement et habituellement sur un chantier de construction selon l'article 2.4.2.i du CSTC et qui inclut un module sur le cadenassage (*Code de sécurité pour les travaux de construction*, RLRQ c. S-2.1, r. 4), 89 % des participants (34/38) ont confirmé avoir reçu au moins une formation dédiée au cadenassage au cours de leur carrière (tableau 16). Plus de la moitié d'entre eux ont mentionné avoir suivi plusieurs formations (jusqu'à 7). A contrario, 11 % des participants (4/38) affirment n'avoir reçu aucune formation spécifique au cadenassage.

Tableau 16. Nombre de formations reçues sur le cadenassage

Corps de métier	Formation spécifique sur le cadenassage (nombre)			
	0	1	2 ou+	Nombre non défini
Électricien (10)	1	3	4	2
Frigoriste (8)	1	3	2	2
Mécanicien (10)	0	3	6	1
Tuyauteur (10)	2	5	3	0
Total	4	14	15	5

Dans les deux tiers des cas (24/38), les formations ont été suivies lors d'un accueil pour avoir accès à un site industriel. Dans 26 % des cas (10/38), l'employeur a pris l'initiative et a assuré la formation de ses employés. Les autres cas sont une initiative syndicale ou volontaire du participant pour suivre la formation.

Parmi les participants ayant répondu à cette question, 66 % ont reçu une formation de deux heures ou moins (19/29), 24 % ont reçu une formation d'une demi-journée (7/29) et 10 % une formation d'une journée (3/29). Les formations suivies par les participants sur les sites industriels étaient pour la plupart théoriques et non spécifiques à leur intervention.

Concernant le cours « Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction », seuls les participants ayant suivi cette formation dans les dernières années avaient un souvenir net d'un module sur le cadenassage et le contrôle des énergies.

Les informations recueillies sur la formation font ressortir le fait que les participants ont principalement suivi des modules théoriques sur le cadenassage au gré de leurs expériences industrielles. Le contenu et la durée des formations semblent toutefois avoir été très variables. Sur les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels, il n'y a en général aucun accueil ou aucune transmission d'informations spécifiques sur le contrôle des énergies. Les résultats portant sur l'accueil et la transmission d'informations sont détaillés par corps de métier et par type de chantiers à la section 5.5, accompagnés des expériences relatées par les participants.

Par ailleurs, les participants ont formulé plusieurs améliorations en lien avec la formation sur le contrôle des énergies que l'on peut synthétiser par :

- Inclure un module obligatoire spécifique sur le contrôle des énergies pendant la formation professionnelle.
- Préparer les futurs professionnels à gérer les problématiques de contrôle des énergies qu'ils vivront sur les chantiers, comme le fait que le client ne veut pas de coupure d'énergie. Sur ce point, et pas seulement pour la SST, une formation en alternance a été évoquée lors des entrevues.
- Fournir trois cadenas personnels à la fin du cursus de formation professionnelle.
- Respecter les ratios apprenti-compagnon sur les chantiers et inclure plus spécifiquement la notion de contrôle des énergies et de cadenassage dans le test pour devenir compagnon (de l'avis des participants, la notion d'équipement de protection individuelle est abordée, mais pas spécifiquement celle du cadenassage).

5.4.2 Matériel

Selon l'article 2.20.11 du CSTC :

« le maître d'œuvre doit fournir le matériel de cadenassage dont les cadenas à cléage unique, sauf si un employeur ou un travailleur autonome en est responsable par application de l'article 2.20.10 » (*Code de sécurité pour les travaux de construction*, RLRQ c. S-2.1, r. 4).

Cet article offre plusieurs options concernant la personne responsable de fournir les cadenas et les accessoires. Selon les participants, cela se traduit par le fait que le MO fournit généralement les cadenas et les accessoires sur les chantiers industriels et les grands chantiers commerciaux/institutionnels, alors que l'intervenant utilise son propre matériel sur les autres chantiers (ex. : résidentiels, commerciaux/institutionnels standards).

Cette situation fait en sorte que les participants interrogés, à quelques exceptions près, ont leurs propres cadenas personnalisés ainsi que quelques accessoires dans leur coffre (ex. : étiquettes, morillons, barrure) afin d'être indépendants du MO dans l'application du cadenassage. Il ne semble toutefois pas y avoir de règle pour l'acquisition de ce matériel : acheté par le participant, conservé d'une précédente expérience, fourni par l'employeur ou prêté par le contremaître. Le nombre de cadenas et d'accessoires en possession des participants étaient variables.

Parmi les améliorations possibles formulées par les participants pour l'application du cadenassage, la question de la fourniture de matériel est revenue systématiquement. Selon eux, il est primordial que les travailleurs soient indépendants de l'identification du MO concernant les cadenas, en recevant leurs propres cadenas au mieux au cours de leur formation ou sinon par le biais de leur employeur. Selon les participants, « sans cadenas, l'intervenant ne fera pas l'effort de se cadenasser », « avec un cadenas personnel, il n'a pas d'excuse ». Aussi, les intervenants semblent avoir une connaissance limitée de tous les accessoires de cadenassage disponibles. Par exemple, les deux participants experts du groupe d'électriciens ont mentionné que tous les électriciens ne savent pas qu'il est possible d'utiliser des accessoires spécifiques pour cadenasser directement sur un disjoncteur, favorisant ainsi l'application du cadenassage puisqu'on coupe l'alimentation sur des circuits électriques plus ciblés.

En lien avec le cadenas personnel, plusieurs participants ont mentionné qu'il n'est pas inhabituel, en dehors du secteur industriel, qu'un travailleur pose un cadenas pour plusieurs participants, contrairement à ce qui est mentionné dans l'article 2.20.3 du CSTC. Aussi, dans le cas de la non-possession, de la perte ou de l'oubli du matériel de cadenassage, les participants recourent à des moyens alternatifs (ex. : attache-câble [tie-wrap], ruban [tape]) pour sécuriser leur intervention. La question des méthodes alternatives est développée à la section 5.4.4.

5.4.3 Procédure de contrôle des énergies

Selon les participants à l'étude, la présence d'une procédure de cadenassage ou de contrôle des énergies, comme mentionné aux articles 2.20.5 et 2.20.6 du CSTC (RLRQ c. S-2.1, r. 4), n'est effective que sur certains chantiers industriels et sur certains grands chantiers commerciaux/institutionnels de longue durée. Sauf exception, il n'y a pas de procédure de cadenassage écrite dans les secteurs résidentiels et commerciaux/institutionnels. Selon les participants, la présence de procédures de cadenassage formelles et spécifiques à l'intervention peut aussi être influencée par la nature des travaux. Un appel de service ou un chantier neuf seront moins propices à l'utilisation d'une procédure de cadenassage qu'un chantier de plusieurs jours sur des installations existantes.

Plusieurs participants se sont d'ailleurs questionnés sur l'utilité d'une procédure de cadenassage de façon systématique sur les chantiers de construction. Selon un participant, elles se résument souvent à : « Mettre hors tension et apposer son cadenas sur le sectionneur. La plupart des équipements ont seulement une source d'énergie (sectionneur) ». Il poursuit en mentionnant que « les procédures de cadenassage en tant que telles sont moins importantes que le matériel de cadenassage ».

Dans les faits, selon les participants, si une procédure de cadenassage/contrôle des énergies est présente, les intervenants l'utilisent. S'il n'existe pas de procédure, mais que le MO en demande une, les intervenants prendront le temps de la créer. Les facteurs influençant l'application des méthodes de contrôle des énergies sont abordés aux sections 5.5 et 6.1.

5.4.4 Autres méthodes de contrôle

Selon le CSTC, il est possible d'utiliser une autre méthode que le cadenassage sous certaines conditions, comme une analyse du risque et une procédure écrite (art. 2.20.4). Selon les participants, d'autres méthodes de travail que le cadenassage sont utilisées lors des travaux. Les méthodes mentionnées par les participants sont résumées au tableau 17 en fonction du type d'énergie. Ces méthodes font référence à du travail avec énergie ou à du travail sans énergie, mais sans cadenas personnel. Selon les participants, ces méthodes ne sont jamais documentées et supportées par une analyse de risque, à quelques exceptions près, dans le secteur industriel.

Les facteurs qui poussent les intervenants à utiliser ces méthodes à la place du cadenassage sont détaillés à la section 5.5 avec les différentes expériences décrites. Selon les intervenants, certaines méthodes de contrôle seront toujours appliquées dans des circonstances bien précises (ex. contrôle simplement visuel du sectionneur local à OFF par un frigoriste intervenant sur les toits). D'autres méthodes, comme le port d'un habit résistant aux arcs électriques [habit « arc flash »] pour du travail sous tension, sont disponibles, mais peu utilisés. Les raisons évoquées sont : un manque de confort notamment lorsqu'il fait chaud, le temps requis pour les mettre, la réduction de la dextérité aux doigts et la dégradation du champ de vision.

Tableau 17. Exemples de méthodes autres que le cadenassage utilisées par les participants, classées par type d'énergie

Énergie	Méthodes autres que le cadenassage utilisées par les participants
Électricité	Travail hors tension (HT) : <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler visuellement le disjoncteur à OFF, sans cadenas personnel - Mettre du ruban [<i>tape</i>] rouge sur le disjoncteur à OFF, sans cadenas personnel - Barrer le panneau électrique avec un cadenas personnel, disjoncteur à OFF - Enlever le fusible Travail sous tension : <ul style="list-style-type: none"> - Débrancher les fils à une boîte de jonction ou à la connexion et protéger les fils avec un connecteur de fils (ex. marquette^{MD}) - Déclencher volontairement le disjoncteur, si impossible à identifier - Porter un habit résistant aux arcs électriques
Hydraulique, chimique	Travail hors énergie sans cadenas personnel : <ul style="list-style-type: none"> - Enlever la poignée de la valve en position fermée - Contrôler visuellement la valve en position fermée - Mettre du ruban [<i>tape</i>] rouge ou une étiquette sur la valve fermée - Obstruer [<i>cap</i>] la canalisation
Mécanique	Travail avec énergie, mouvement <ul style="list-style-type: none"> - Utiliser une trappe d'accès qui assure le maintien à distance de la zone dangereuse afin de lubrifier des pièces en fonctionnement - Imposer un périmètre de sécurité pour faire un diagnostic ou pour aligner une courroie en mouvement (utilisation d'un outil spécifique) - Utiliser un mode de contrôle manuel à action maintenue pour faire avancer un équipement pas-à-pas (ex. convoyeur)

5.4.5 Audit

L'audit de l'application du contrôle des énergies n'est pas directement mentionné dans le CSTC. Il s'agit toutefois d'un moyen reconnu, notamment dans la norme CSA Z460 (CSA, 2020), pour détecter des lacunes lors de l'application du cadenassage et autres méthodes et pour améliorer les pratiques.

Au cours des entrevues, il a été demandé aux participants si leur pratique de cadenassage avait déjà été auditée par un contremaître, un représentant du MO ou un autre individu (tableau 18). La moitié de l'échantillon a affirmé n'avoir jamais été audité en lien avec le cadenassage. L'autre moitié se rappelle l'avoir été ponctuellement au cours de leur carrière, sur certains chantiers industriels par le MO ou sur un grand chantier commercial/institutionnel par le contremaître ou par l'agent dédié. La réponse des mécaniciens avec sept réponses positives est assez représentative en ce sens, car ils œuvrent principalement sur des chantiers industriels. Dans ces cas-ci, il n'est pas rare que l'entreprise hôte prépare le cadenassage, accueille le sous-traitant, l'accompagne et le supervise lors de son travail. Selon un des participants mécaniciens : « Chez un client industriel sérieux, il y avait un changement de pièce à faire. La *job* allait prendre une demi-journée et le client était pressé. J'ai alors entrepris les travaux avec le sectionneur à OFF sous mon contrôle visuel, mais pas cadenassé. Le client s'en est rendu compte et j'ai été rencontré ».

Tableau 18. Audit de la pratique du cadenassage, par corps de métier

Corps de métier	Audit de la pratique du cadenassage	
	Oui, parfois dans certaines circonstances	Jamais
Électricien (10)	3	5
Frigoriste (8)	4	4
Mécanicien (10)	7	3
Tuyauteur (10)	4	6
Total	18	18

5.5 Méthodes de contrôle des énergies utilisées par corps de métier et par type de chantiers

Dans cette section, les 95 expériences exprimées par les participants ont été compilées par corps de métier et par type de chantiers pour illustrer la réalité des intervenants.

La préparation pour le contrôle des énergies, le type de méthode de contrôle des énergies utilisé et le suivi du contrôle des énergies ont été annotés pour chaque expérience. La préparation du contrôle des énergies inclut les informations recueillies en lien avec l'autorisation d'effectuer les travaux (CSTC, art. 2.20.9 et 2.20.10), l'accueil et la formation en lien avec le contrôle des énergies par le MO désigné (CSTC, art. 2.20.8). Les méthodes de contrôle des énergies utilisées ont été réparties en trois catégories : 1) aucun contrôle spécifique, 2) hors énergie simple (HÉ) (c.-à-d. coupure des sources d'énergies, pas de cadenas individuel), cadenassage ou autre méthode formellement documentée (CSTC, art. 2.20.4 à 2.20.7). Enfin, le suivi du contrôle des

énergies comprend la gestion des cas particuliers (ex. : oubli cadenas, continuité) (CSTC, art. 2.20.12) et une forme de vérification de l'application par le MO désigné (CSTC, art. 2.20.5). Pour la préparation et le suivi, c'est la présence ou l'absence de mesures spécifiques qui ont été annotées. Une série de tableaux résume les résultats dans les sections qui suivent. La section 5.5.1 concerne les expériences des électriciens, la section 5.5.2 celles des frigoristes, la section 5.5.3 concerne les mécaniciens et les expériences des tuyauteurs sont à la section 5.5.4.

5.5.1 Expériences des électriciens

Les électriciens ont partagé 27 expériences en lien avec le contrôle des énergies au cours des entrevues (tableau 14). Le tableau 19 compile par type de chantiers les principaux travaux évoqués par les électriciens ainsi que la préparation du contrôle des énergies, la méthode de contrôle utilisée et le suivi. Les expériences partagées incluent des chantiers neufs (ex. installation électrique d'une usine) et des rénovations/modifications de l'existant (ex. changement de luminaires). La plupart des interventions se font à deux, un compagnon avec un apprenti.

À la lecture du tableau, il apparaît une distinction dans le contrôle des énergies dangereuses entre le secteur industriel et les autres secteurs. Dans le secteur résidentiel, les électriciens n'appliquaient pas une procédure de cadenassage en tant que tel. Il en est de même dans le secteur commercial/institutionnel à quelques exceptions près comme les grands chantiers neufs. Pour ces deux types de chantiers, il n'y a pas de procédures de cadenassage en temps normal. On remarque que seules 50 % des interventions se font hors énergie (HÉ) et que dans moins d'un tiers des cas un cadenas est appliqué.

Selon les participants, si on oblige les électriciens à cadenasser sur un chantier résidentiel d'importance, la solution généralement utilisée sera de fermer et de cadenasser le panneau principal et d'utiliser une génératrice à l'extérieur avec des rallonges pour alimenter le chantier (ce qui n'est pas optimal avec le risque de chute dans les escaliers par exemple). Plusieurs pratiques non conformes ont été partagées comme (1) un panneau électrique pré-troué (pour les futurs disjoncteurs), mis sous tension avec seulement un disjoncteur en place et des parties sous-tension accessibles ou (2) le changement d'un panneau électrique sans fermer l'alimentation.

Dans le secteur industriel, la gestion du cadenassage et l'utilisation de fiches semblent établies dans plus de 75 % des cas évoqués par les électriciens. La différence majeure, selon les électriciens, se situe dans l'encadrement du MO et la présence de ressources dédiées, ce qu'il n'y a pas dans le secteur résidentiel et commercial/institutionnel la plupart du temps. Enfin, certains électriciens ont mentionné que les chantiers commerciaux étaient les plus à risque à cause de l'absence d'encadrement, du voltage en jeu et de la complexité des circuits.

Le type de chantiers et l'encadrement du MO sont les facteurs le plus mentionnés par les électriciens dans le choix de la méthode de contrôle. D'autres facteurs ont été mentionnés, explicitement par les électriciens, et ils sont synthétisés au tableau 20. Ces facteurs ont été exprimés lors de la description des expériences de chantier et lors de la synthèse des entrevues (annexe B.IV, situations spécifiques au secteur de la construction/divers). Cette remarque vaut aussi pour les autres corps de métiers.

Tableau 19. Expériences partagées par les électriciens

Type de chantiers (n ^{bre} d'expériences) Travaux	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Non	Oui	Aucun	HÉ	Cadenassage ou alternative documentée	Non	Oui
Résidentiel (5) - Condo neuf, rénovation sous-sol - Changement de panneau électrique, installation filage, prises, lumière, chauffage	5/5	0/5	2/5	2/5	1/5	5/5	0/5
Commercial/institutionnel (10) - Hôpital (neuf ou rénové), centre de congrès, magasin, épicerie - Installation circuit électrique, prise, chauffage, remplacement éclairage 347 V, changement panneau 600 V, ajout circuit par le caniveau de répartition (<i>splitter trough</i>)	7/10	3/10	5/10	2/10	3/10	6/10	4/10
Industriel (12) - Pétrochimie, industrie éolienne, fabrication métal, scierie, production agricole, etc. - Installation électrique usine, filage, jonction, installation machine, changement moteur, changement transformateur	3/12	9/12	1/12	1/12	10/12	4/12	8/12

Tout d'abord, tous les travaux ne nécessitent pas un contrôle des énergies. Certaines phases des travaux se font sans énergie (ex. circuits délestés) (8/10). Le fait de travailler sous tension ou HÉ peut être influencé par (1) le type d'intervention (ex. appel de service avec diagnostic) (10/10), (2) la planification entre le MO et le contremaître pour permettre une coupure de courant aux usagers, identifier les points de coupure et préparer le matériel (4/10), (3) l'accès et l'identification des points de coupure (ex. schéma électrique désuet) (6/10) et (4) le voltage et le niveau de risque de l'intervention (3/10). Le fait d'utiliser spécifiquement un cadenas en plus de la mise HÉ sera notamment influencé par (1) la présence d'autres intervenants et d'autres corps de métier (6/10), (2) le voltage et le niveau de risque de l'intervention (3/8) et (3) la conviction du travailleur notamment pour résister à la pression extérieure (ex. : temps restreint, culture) (6/10).

Les remarques et les suggestions des électriciens, qui ne concernent pas les questions d'accessibilité du matériel de cadenassage (section 5.4.2) et de formation (section 5.4.1), sont : (1) faire la vérification du voltage avec un multimètre avant et après la coupure de courant (CMEQ, 2017) puisque les crayons testeurs ne sont pas toujours fiables (ex. câble armé), (2) allouer le temps nécessaire aux interventions et faire des campagnes de sensibilisation pour inciter les

électriciens à se mettre en sécurité et à ne pas travailler sous tension (« mauvaise habitude »), (3) installer des points de coupure facilement cadenassables, (4) augmenter la surveillance sur les chantiers et (5) porter systématiquement des gants et des chaussures adaptés ainsi que des vêtements en coton comme mesures de base au contrôle des énergies lors des interventions.

Tableau 20. Facteurs évoqués par les électriciens pour le choix de la méthode de contrôle des énergies

Facteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies E : intervention avec énergie; HÉ : intervention sans énergie; Cad. : cadenas en plus du HÉ		N
E/HÉ/Cad.	MO et type de chantiers : Plus le chantier est organisé, planifié et encadré par le MO, plus la méthode de contrôle sera structurée <ul style="list-style-type: none"> - Résidentiel : HÉ parfois - Commercial/institut. : HÉ, avec ou sans cadenas - Industriel : cadenassage 	10
E/HÉ/Cad.	Type d'intervention : Sur un appel de service, on veut intervenir rapidement et on a besoin d'énergie. Ces travaux sont peu planifiés, ce qui ne favorise pas le contrôle des énergies.	10
HÉ/Cad.	Phase des travaux et de la construction : La présence d'énergie électrique, et donc la mise en place d'une méthode de contrôle des énergies, dépend de la phase des travaux : <ul style="list-style-type: none"> - Chantier neuf avant branchement : pas d'énergie - Chantier neuf lors de l'alimentation des circuits : contrôle des énergies en aval, par étapes - Chantier existant : contrôle des énergies lors de 2 phases, (1) lors du délestage et (2) lors de la connexion des nouveaux circuits. Entre les deux, pas d'énergie. - Les panneaux temporaires ne font pas l'objet de cadenassage en général sur les chantiers. 	8
E/HÉ/Cad.	Intervenants présents et contrôle du panneau : La présence de travailleurs d'autres compagnies, d'autres corps de métier et la facilité d'accès au point de coupure sont des incitatifs au contrôle des énergies.	6
E/HÉ/Cad.	Pression extérieure et conviction du travailleur : Les intervenants acceptent de prendre des risques pour aller vite, pour être plus efficaces et ainsi se faire rappeler. Il faut être convaincu que le contrôle des énergies est important pour prendre le temps de le faire.	6
E/HÉ	Impact de la coupure de courant sur les usagers : La planification de la coupure (moment et durée) entre le MO et le contremaître, l'impact sur les usagers, la facilité d'identification du point de coupure et le nombre de circuits électriques impliqués influenceront le fait de travailler hors ou sous tension.	4
E/HÉ/Cad.	Tension électrique impliquée et risque de blessure : Les mesures prises par l'intervenant ne sont pas les mêmes sur des installations alimentées par du 120 V et du 600 V par exemple.	3

5.5.2 Expériences des frigoristes

Les frigoristes ont partagé 22 expériences en lien avec le contrôle des énergies (tableau 14). Aucune expérience résidentielle n'a été directement répertoriée. Toutefois, le secteur résidentiel s'apparente au petit commercial (ex. dépanneur) dans la gestion des énergies selon les participants. Le tableau 21 compile par type de chantiers les principaux travaux évoqués par les frigoristes. Les expériences partagées incluent des installations et des mises en service (ex. unité monobloc sur les toits), des entretiens préventifs planifiés (ex. : inspection, nettoyage de ventilateur) et des appels de service (ex. remplacement de joint sur un compresseur). La plupart des interventions se font seules. À la lecture du tableau, tout comme pour les électriciens, il apparaît une distinction dans le contrôle des énergies dangereuses entre le secteur commercial/institutionnel et l'industriel.

Tableau 21. Expériences partagées par les frigoristes

Type de chantiers (n ^{bre} d'expériences) Travaux	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Non	Oui	Aucun	HÉ	Cadenassage ou alternative documentée	Non	Oui
Commercial/institutionnel (12) - Immeuble à bureaux, restaurant, épicerie, dépanneur, hôpitaux - Monobloc sur le toit, ventilation/évaporateur, comptoir froid ou chambre froide - Mise en service, entretien préventif, appel de service/bris	12/12	0/12	0/12	12/12	0/12	12/12	0/12
Industriel (10) - Entrepôt réfrigéré. Fabrication produits chimiques, agroalimentaire, pâtes et papier - Machine CVAC, ventilateur, refroidisseur, moteur, compresseur, évaporateur - Entretien préventif, nettoyage, réparation	3/10	7/10	0/10	1/10	9/10	6/10	4/10

Dans le secteur commercial/institutionnel, les expériences partagées sont très homogènes. Les frigoristes interviennent la plupart du temps sur une unité de toit monobloc. Au mieux, une personne sur place leur indique l'emplacement de l'équipement. Cette personne n'a en général aucune compétence technique. Aucune procédure de cadenassage n'est disponible ou demandée. La méthode de contrôle des énergies de base utilisée par les frigoristes consiste à mettre le sectionneur local de l'unité à OFF sans apposer de cadenas et à vérifier l'absence de courant (ex. : crayon testeur, multimètre) (12/12). Tout comme pour les électriciens, le tableau 22 décrit les facteurs particuliers qui poussent le frigoriste à poser un cadenas ou alors à travailler sur le « vivant » dans le secteur commercial/institutionnel. Pendant et à la fin des travaux, il n'y a

pas de suivi spécifique sur la méthode de contrôle utilisée, simplement un compte-rendu sur les travaux et une facturation.

Tableau 22. Facteurs évoqués par les frigoristes pour le choix de la méthode de contrôle des énergies

Facteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies E : intervention avec énergie; HÉ : intervention sans énergie; Cad. : cadenas en plus du HÉ		N
HÉ/Cad	MO et type de chantiers : Si le MO désigné exige de cadenasser, les frigoristes le font. C'est le cas sur les chantiers industriels. Pour les autres cas, le frigoriste choisit une méthode de travail en fonction des circonstances. La méthode de base est le travail HÉ suivi d'une vérification d'absence de tension.	8
E/HÉ	Type d'intervention et de travaux : Sur un appel de service non planifié, le frigoriste intervient en général en urgence et il a besoin d'énergie pour faire un diagnostic. Il y a beaucoup de « ON-OFF-ON-OFF » et de travail sous tension dans le panneau de contrôle avant de faire la réparation HÉ. Pour l'installation et la mise en marche, il y a une coordination à faire avec l'électricien. Toutefois, tant que les unités ne sont pas branchées, il n'y a pas de contrôle d'énergie.	7
E/HÉ/Cad	Sectionneur local et lieu isolé : Si le frigoriste a le contrôle du sectionneur local de l'équipement, il ne se cadenassera pas. Il met le sectionneur à OFF et vérifie l'absence de tension. S'il n'y a pas de sectionneur local (ex. situé dans le bâtiment), il posera son cadenas personnel. Par ailleurs, si un sectionneur coupe l'alimentation de plusieurs unités, le frigoriste peut être amené à utiliser une méthode de travail qui n'arrête que l'équipement concerné par l'intervention (ex. déconnexion des fils d'alimentation).	6
HÉ/Cad	Travail seul ou en groupe : Un des incitatifs pour un frigoriste à poser un cadenas personnel est la présence d'un autre travailleur à proximité (ex. apprenti).	4
HÉ/Cad	Niveau de risque : Le niveau de risque associé à l'intervention (ex. niveau des énergies au lieu de l'intervention) a été cité comme un incitatif à poser son cadenas en plus de la mise HÉ.	1

Dans le secteur industriel, dans la plupart des cas, le frigoriste est accueilli par le MO (7/10, ex. : poste d'accueil, formation, matériel de cadenassage, accompagnement lors de l'intervention) et il suit la méthode de contrôle demandée par le MO, soit le cadenassage (9/10). Le frigoriste se joint au cadenassage préparé par le MO ou prépare le cadenassage lui-même. Les fiches de cadenassage spécifiques à un équipement ne sont toutefois disponibles que dans certaines industries (c.-à-d. industrie lourde). On retrouve de manière alternative un permis de travail qui inclut des indications sur le cadenassage. Dans une minorité de cas reportés (4/10), le frigoriste est suivi lors des travaux et laisse une trace écrite de l'application de la procédure.

Ainsi, la méthode de contrôle des énergies choisie par les frigoristes en dehors du secteur industriel n'est pas le cadenassage, mais plus simplement la mise HÉ avec le sectionneur local et la vérification de l'absence d'énergie. L'encadrement des travaux par un MO désigné a donc une grande influence sur la méthode de contrôle d'autant que, selon les frigoristes rencontrés,

les équipements visés par les travaux ne sont pas très différents entre le commercial et l'industriel. Selon les frigoristes qui travaillent sur les toits, le cadenassage ne devrait pas être obligatoire dans ce cas de figure. Les frigoristes précisent qu'ils mettent leur cadenas uniquement s'ils n'ont pas le contrôle exclusif sur le sectionneur local. Les frigoristes œuvrant sur les toits révèlent que les situations suivantes sont propices au cadenassage : absence de sectionneur local sur le toit (6/8) ou présence d'autres travailleurs dans la zone de travail (4/8). Les autres raisons pour cadenasser sont une directive du MO (ex. chantier industriel) (8/8) ou lorsque le risque est perçu comme élevé (sans analyse du risque formelle) (1/8). À l'opposé, les appels de service (ex. : diagnostic, dépannage) nécessitent des interventions dans le panneau de contrôle avec la présence d'énergie (7/8).

Les recommandations des frigoristes, qui ne concernent pas les questions d'accessibilité du matériel de cadenassage (section 5.4.2), rejoignent les situations évoquées précédemment : (1) faire respecter l'installation d'un sectionneur local cadenassable identifié sur les unités de toit et (2) séparer physiquement la partie contrôle (basse tension) et la partie de puissance dans les panneaux afin de diminuer les risques lors des diagnostics. À noter que plusieurs frigoristes ont mentionné qu'il était important de placer l'accès aux unités loin des bords du toit, ce qui n'est pas toujours fait. Même s'il ne fait pas partie de l'étude, le risque de chute est un risque important pour les frigoristes.

5.5.3 Expériences des mécaniciens

Les mécaniciens ont partagé au cours des entrevues 14 expériences en lien avec le contrôle des énergies (tableau 14). Le tableau 23 compile les principaux travaux évoqués par les mécaniciens, par type de chantiers. La répartition des expériences par type de chantiers (10 industrielles et 4 commerciales/institutionnelles) s'explique par le fait que l'échantillon de mécaniciens était composé de neuf mécaniciens industriels et d'un mécanicien d'ascenseur, ajouté à l'échantillon afin de compléter des données jusqu'alors uniquement axées dans le secteur industriel. Ainsi, les quatre expériences commerciales proviennent du mécanicien d'ascenseur. Aucun des mécaniciens rencontrés n'intervenait dans le secteur résidentiel ce qui semble assez représentatif de ce corps de métier.

Les mécaniciens industriels rencontrés œuvraient principalement dans l'industrie lourde (ex. : pétrole, aciérie) sur des équipements tels que des convoyeurs, des trémies, des vérins, etc. La plupart des interventions se font en équipe. Dans l'industrie lourde, la gestion du contrôle des énergies semble conforme aux exigences réglementaires selon les récits des participants à l'étude : accueil de chantier, formation, accompagnement, préparation du cadenassage (ex. boîte de cadenassage), fiche de cadenassage ou permis de travail spécifique et audit régulier. De plus, selon les mécaniciens industriels, le cadenassage fait partie intégrante de leur pratique puisqu'il n'est pas rare de mettre son corps à l'intérieur des équipements industriels lors des interventions.

Les expériences partagées par le mécanicien d'ascenseur reflètent une autre réalité. Il s'agit d'interventions sur des ascenseurs et sur des escaliers mécaniques, que ce soit pour des appels de service ou pour des entretiens périodiques. Il n'y a en général aucun accueil ni suivi technique par un MO désigné. Seul un gardien de sécurité est présent dans le meilleur des cas. Selon le mécanicien d'ascenseur, la méthode de contrôle des énergies principalement utilisée est une méthode alternative basée sur le système de commande sur le toit de la cabine, les arrêts d'urgence (AU) (ex. toit cabine et/ou fosse) et la vérification d'absence de mouvement de la cabine à la suite d'un appel de la cabine. Par exemple, lors de la récupération d'un objet tombé

dans la fosse, la gestion du mouvement de la cabine d'ascenseur se fera par l'arrêt de la cabine entre deux étages, l'actionnement de l'AU sur le toit de la cabine et éventuellement celui de la fosse. Le cadenassage dans la salle mécanique ne sera utilisé que pour des interventions de longue durée ou spécifiques comme le remplacement d'une porte palière.

Tableau 23. Expériences partagées par les mécaniciens

Type de chantiers (n ^{bre} d'expériences) Travaux	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Non	Oui	Aucun	HÉ	Cadenassage ou alternative documentée	Non	Oui
Commercial/institutionnel (4) - Centre d'achat, université, aéroport, immeuble - Ascenseur, escalier mécanique - Déblocage, entretien périodique, réparation, remplacement majeur	4/4	0/4	0/4	4/4	0/4	4/4	0/4
Industriel (10) - Pétrochimie, fonderie, aciérie, production industrielle - Machine, convoyeur, pompe, vérin hydraulique, accouplement moteur, chute, courroie - Entretien planifié, inspection, réparation, remplacement, installation	0/10	10/10	0/10	0/10	10/10	1/10	9/10

Quelques situations en génie civil ont été évoquées par les mécaniciens, notamment dans le secteur éolien, les barrages et les chantiers routiers. Sur les nouvelles constructions avant branchement, il n'y aura souvent pas d'énergie à contrôler. Dans les éoliennes, pour les vérifications de mise en œuvre, il y a toutefois une procédure pour gérer les mouvements dus au vent. Pour les chantiers existants, on se rapproche des exigences du secteur industriel, notamment pour les barrages. Selon les intervenants, le secteur du génie civil semble un secteur spécifique avec des MO comme le ministère du Transport pour les chantiers routiers ou Hydro-Québec pour le transport d'électricité. Enfin, les mécaniciens de machinerie lourde n'ont pas été inclus dans l'échantillon. Toutefois, Burlet-Vienney *et al.* (2017) ont publié un rapport de recherche spécifique au contrôle des énergies pour la machinerie mobile.

Le tableau 24 décrit le seul facteur évoqué par les mécaniciens pour utiliser ou non le cadenassage. Il s'agit de la nature de l'intervention avec (1) le besoin d'énergie pour un diagnostic ou un ajustement (ex. courroie d'un convoyeur) et (2) la durée de l'intervention (uniquement pour le mécanicien d'ascenseur). Pour les mécaniciens industriels, les méthodes alternatives sont formalisées (ex. decadenassage temporaire de groupe avec signature et périmètre de sécurité pour effectuer un diagnostic).

Tableau 24. Facteurs évoqués par les mécaniciens pour le choix de la méthode de contrôle des énergies

Facteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies.		N
E : intervention avec énergie; HÉ : intervention sans énergie; Cad. : cadenas en plus du HÉ		
E/HÉ/Cad.	Type d'intervention et de travaux : <ul style="list-style-type: none"> - Pour faire un diagnostic, on a besoin d'énergie. La méthode sera plus ou moins formalisée. - Mécanicien d'ascenseur : Si l'intervention est courte, on ne se cadenassera pas. On utilisera plutôt le système de commande (ex. AU). 	2

Les mécaniciens industriels interrogés étaient globalement satisfaits des mesures actuelles concernant le contrôle des énergies lors des interventions sur les équipements. Selon eux, l'encadrement est la clé du succès. Les seules recommandations émises, en dehors du matériel, portaient sur une simplification de la documentation, le jumelage des apprentis avec des compagnons rigoureux et des audits systématiques avant le début des travaux. Le mécanicien d'ascenseur plaidait de son côté pour que le temps alloué à chaque intervention soit suffisant afin que les intervenants ne prennent pas de raccourcis avec leur sécurité.

5.5.4 Expériences des tuyauteurs

Les tuyauteurs ont partagé au cours des entrevues 32 expériences en lien avec le contrôle des énergies (tableau 14). Le tableau 25 compile par type de chantiers les principaux travaux évoqués.

Les expériences partagées incluent des installations (ex. agrandissement), des modifications, des remplacements et des réparations. Les équipements concernés sont les lignes d'eau, de gaz, d'air, de produits chimiques (ex. : pétrole, alcool), les chaudières au gaz, les pompes, les unités de ventilation, etc. La plupart des interventions se font à deux (apprenti-compagnon) ou plus. À la lecture du tableau, tout comme pour les autres corps de métier, il apparaît une distinction entre le secteur industriel et les autres secteurs en termes de contrôle des énergies.

Globalement, dans les secteurs résidentiel et commercial/institutionnel, il n'y a pas d'accueil ou de suivi de la part d'un MO désigné concernant le contrôle des énergies (13/18). L'accueil sert principalement pour l'attribution de travaux. La méthode de contrôle utilisée consiste à mettre le sectionneur à OFF, fermer les valves, éventuellement déconnecter la tuyauterie et vérifier l'absence d'énergie (11/18). Lorsqu'il y a du cadenassage, selon les participants, il peut être partiel (ex. seulement l'électricité) ou fait par une tierce personne pour le groupe (ex. : gaz naturel avec *Énergir*, électricien, contremaître). Le cadenassage est effectué dans certains cas dans l'objectif d'éviter des dégâts matériels. Les exceptions dans le commercial/institutionnel sont les grands chantiers comme celui de centres hospitaliers où le cadenassage peut être structuré comme dans le secteur industriel.

Tableau 25. Expériences partagées par les tuyauteurs

Type de chantiers (n ^{bre} d'expériences) Travaux	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Non	Oui	Rien	HÉ	Cadenassage ou alternative documentée	Non	Oui
Résidentiel (1) - Pompe de puisard, chauffe-eau, lave-vaisselle, lave-linge - Installation, réparation, raccordement	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	1/1	0/1
Commercial/institutionnel (17) - Hôpital, résidence, école/université, tour à bureaux, centre commercial, restaurant - Lignes eaux, gaz naturel, air comprimé, pompe, chaudière gaz, unité de ventilation, salle de bain, drains - Installation, modification, remplacement	13/17	4/17	0/17	10/17	7/17	13/17	4/17
Industriel (14) - Pétrochimie, fabrication métal, agroalimentaire, pâtes et papiers, etc. - Lignes eaux, gaz naturel, alcool, pétrole, produits chimiques, chaudière au gaz, brûleur industriel, machines industrielles - Agrandissement, installation, modification, remplacement	3/14	11/14	0/14	4/14	10/14	5/14	9/14

Dans le secteur industriel, la plupart des expériences évoquées respectaient les exigences réglementaires avec un accueil du MO, des boîtes de cadenassage et une surveillance du MO (10/14). Le cadenassage des valves peut être parfois insuffisant à cause des pressions en jeu et des produits utilisés. Une obturation ou une purge devra être ajoutée pour pallier une défaillance de la valve. La purge est d'ailleurs une des difficultés techniques évoquées par les tuyauteurs. À noter que même dans le secteur industriel, la présence de fiche de cadenassage préparée n'est pas systématique. Enfin, les expériences partagées pour des chantiers industriels de plus petite envergure s'apparentent au commercial/institutionnel où l'intervenant choisit sa méthode de contrôle.

Le tableau 26 regroupe les critères qui poussent les tuyauteurs à cadenasser.

Tableau 26. Facteurs évoqués par les tuyauteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies

Facteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies		N
E : intervention avec énergie; HÉ : intervention sans énergie; Cad. : cadenas en plus du HÉ		
HÉ/Cad.	MO et type de chantiers : Plus le chantier est organisé, planifié et encadré par le MO ou par le contremaître, plus la méthode de contrôle sera structurée. - Résidentiel, commercial/institutionnel : HÉ souvent sans cadenas - Industriel : la règle est le cadenassage	10
HÉ/Cad.	Type d'intervention : Sur un appel de service, on veut intervenir et faire un diagnostic rapidement, ce qui ne favorise pas le contrôle des énergies. Plus le chantier est long, plus il y a de chance d'avoir un encadrement	8
HÉ/Cad.	Phase des travaux et de la construction : La présence d'énergie lorsque les tuyauteurs arrivent, et donc la mise en place d'une méthode de contrôle des énergies, dépend de la phase des travaux. - Chantier neuf avant ou après les branchements (ex. : électricité, gaz) - Chantier existant : énergies présentes	8
HÉ/Cad.	Risque de blessure : La méthode de contrôle choisie peut dépendre du risque. Par exemple, la présence de vapeur, de tension électrique à 600 V et de produits chimiques sont des incitatifs pour se cadenasser.	8
HÉ/Cad.	Type d'énergie : Si l'énergie électrique est en jeu, cela peut demander l'implication d'un électricien. Les tuyauteurs se fient souvent au cadenassage de l'électricien.	6
HÉ/Cad.	Intervenants présents et points de coupure : La présence d'autres travailleurs pousse à se cadenasser, tout comme l'accessibilité des points de coupure. Au contraire, le contrôle visuel des points de coupure est suffisant pour plusieurs intervenants.	3
E/HÉ/Cad.	Conviction du travailleur : Les intervenants sont souvent livrés à eux-mêmes. Ils acceptent de prendre des risques pour aller vite, être plus efficaces et ainsi, se faire rappeler. Il faut être convaincu que le contrôle des énergies est important pour prendre le temps de se mettre en sécurité.	3
E/HÉ	Impact de la coupure sur les usagers : La coupure en énergie aux différents usagers est moins critique que l'électricité, mais cela peut tout de même être un enjeu.	1

Les facteurs énoncés par les tuyauteurs rejoignent ceux évoqués par les électriciens. Tout d'abord, tous les travaux ne nécessitent pas un contrôle des énergies. Certaines phases se font hors énergie (ex. tuyaux non raccordés) (8/10). Ensuite, si le cadenassage n'est pas imposé, l'intervenant choisira sa méthode de travail, la plupart du temps sans énergie et sans cadenas (10/10). La planification des travaux, la durée des travaux (8/10), l'accessibilité des points de coupure (3/10) et le niveau de risque (8/10) sont également des facteurs importants dans le choix de la méthode. Contrairement aux électriciens, l'impact de la coupure en énergie est moins un enjeu pour les tuyauteurs (1/10). Enfin, les tuyauteurs peuvent être dépendants des électriciens pour le cadenassage des parties électriques (6/10).

Les suggestions des tuyauteurs, qui ne concernent pas les questions d'accessibilité du matériel de cadenassage (section 5.4.2), sont : (1) le fait de généraliser l'installation de valves cadenassables avec purge afin de faciliter le cadenassage, (2) séparer les points de coupure d'eau et l'électricité dans les ouvrages, en effet les concepteurs ont tendance à les regrouper pour optimiser l'espace, (3) assurer la présence d'un électricien pour cadenasser la partie électrique et (4) faire des analyses de risques pour adapter les mesures de contrôle (ex. risque différent avec de l'eau et du glycol).

6. DISCUSSION

6.1 Pratiques réelles

Le tableau 27 présente les 95 expériences partagées par les intervenants selon le type de chantiers et le corps de métier. Il s'agit d'une synthèse des données présentées dans le tableau 19, le tableau 21, le tableau 23 et le tableau 25. La signification des termes « préparation » (ex. : autorisation, communication, formation par le MO désigné) et « suivi » (ex. forme de vérification du contrôle des énergies par le MO désigné) du contrôle des énergies est disponible au début de la section 5.5.

Tableau 27. Synthèse des expériences partagées par les intervenants par type de chantiers et par corps de métier

Type de chantiers Corps de métier (n ^{bre} d'expériences)	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Non	Oui	Aucun	HÉ	Cadenassage ou alternative documentée	Non	Oui
Résidentiel							
- Électricien (5)	5/5	0/5	2/5	2/5	1/5	5/5	0/5
- Tuyauteur (1)	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	1/1	0/1
Total (résidentiel)	6/6	0/6	2/6	3/6	1/6	6/6	0/6
Commercial/institutionnel							
- Électricien (10)	7/10	3/10	5/10	2/10	3/10	6/10	4/10
- Frigoriste (12)	12/12	0/12	0/12	12/12	0/12	12/12	0/12
- Mécanicien (4)	4/4	0/4	0/4	4/4	0/4	4/4	0/4
- Tuyauteur (17)	13/17	4/17	0/17	10/17	7/17	13/17	4/17
Total (commercial/institutionnel)	36/43	7/43	5/43	28/43	10/43	35/43	8/43
Industriel							
- Électricien (12)	3/12	9/12	1/12	1/12	10/12	4/12	8/12
- Frigoriste (10)	3/10	7/10	0/10	1/10	9/10	6/10	4/10
- Mécanicien (10)	0/10	10/10	0/10	0/10	10/10	1/10	9/10
- Tuyauteur (14)	3/14	11/14	0/14	4/14	10/14	5/14	9/14
Total (industriel)	9/46	37/46	1/46	6/46	39/46	16/46	30/46

Tous corps de métier confondus, les chantiers industriels sont le seul type de chantiers où l'encadrement du contrôle des énergies est majoritairement fait (37/46 pour la préparation, 30/46 pour le suivi). Il s'agit aussi du seul type de chantiers où la méthode privilégiée est majoritairement le cadenassage ou une autre méthode de contrôle documentée (39/46, soit 85 % des expériences industrielles partagées). Les chantiers industriels où le MO est en général facilement identifiable semblent être adaptés aux obligations du CSTC (qui se basent sur l'encadrement d'un MO clairement défini). D'ailleurs, les mécaniciens industriels sont les seuls participants ayant affirmé que le cadenassage faisait partie intégrante de leur pratique. Pour les autres, il semble s'agir d'une mesure complémentaire au travail HÉ au besoin.

Pour les autres types de chantiers, la situation est différente puisque l'intervenant n'est pas encadré par le client (ex. absence de préparation et de suivi), à quelques exceptions près pour les grands chantiers commerciaux/institutionnels. Il n'y a pas de procédure de contrôle des énergies, pas d'information sur les risques et sur les installations et aucune coordination de la part du client. La notion de MO et son identification ne sont pas aussi clairement établies que dans le cas des chantiers industriels. La communication est déficiente sur ce point (ex. quand est-ce que le client ne joue pas le rôle de MO?). Cela se traduit par le fait que l'intervenant choisit la méthode de contrôle qu'il juge approprié. La méthode privilégiée par les intervenants dans ces situations est le travail avec les sources d'énergie isolées, mais sans un contrôle exclusif des points de coupure avec un cadenas personnel. Les électriciens sont le seul corps de métier à travailler régulièrement sous tension sans nécessairement suivre les mesures spécifiées dans la norme CSA Z462-18 (CSA, 2018). Les autres corps de métier ont évoqué des travaux avec énergie seulement lors de la phase de diagnostic.

Le tableau 27 illustre donc les écarts entre les exigences réglementaires et la réalité des pratiques notamment pour les chantiers des secteurs résidentiel et commercial/institutionnel. Le manque de communication et de planification entre les différentes parties sur la notion de MO en dehors des chantiers industriels et des grands chantiers commerciaux/institutionnels crée parfois un vide sur l'encadrement offert lors de l'intervention, notamment sur la transmission des informations sur les installations (accueil sur les installations, documentation et procédure à suivre) et sur la fourniture du matériel de cadenassage comme décrit dans les sections précédentes. Ces points, soulevés lors de la préparation du projet ont été confirmés par l'ensemble des participants.

Le manque d'encadrement de la part d'un MO désigné peut mener à des situations dangereuses d'autant que les intervenants du secteur de la construction évoluent dans un environnement dynamique, changeant, avec une culture de sécurité spécifique, comme décrit à la section 2.3.2. D'ailleurs, les manquements dans le contrôle des énergies ne sont pas toujours sans conséquence. Près de 85 % des participants à l'étude ont déclaré avoir vécu eux-mêmes ou assisté à un incident notable ou à un passé-proche alors que le contrôle des énergies n'était pas assuré adéquatement. Il y a eu entre autres des électrisations avec du travail sous tension, des redémarrages de machine inopinés ou encore la libération d'énergie résiduelle. Les conséquences peuvent même être dramatiques comme l'ont démontré les statistiques d'accidents dans la revue de la littérature (chapitre 2) et dans l'analyse des accidents graves et mortels au Québec (chapitre 4). On retiendra notamment que l'électricité est un facteur de risques important avec 66 % des blessés graves et des décès suivant un contact direct ou indirect avec une pièce sous tension. Pour rappel, les causes énoncées étaient du travail sous tension volontaire ou involontaire, des pièces sous tension accessibles, du travail effectué par des personnes non compétentes et un manque de supervision. Enfin, le travail sur les chantiers se fait souvent à plusieurs (en équipe ou en coactivité), ce qui constitue un facteur de risque organisationnel dont il faut tenir compte.

L'encadrement du MO désigné est donc un facteur primordial pour le choix et pour le contenu de la méthode de contrôle lors d'une intervention. Sans cet encadrement, l'intervenant choisira une méthode de travail qui lui semble appropriée. Selon les entrevues réalisées, la méthode retenue ne sera pas du cadenassage au sens du CSTC dans la majorité des cas. La prise de décision par l'intervenant se base sur un ensemble de facteurs, et ce, de manière plus ou moins formelle. Les facteurs mentionnés lors des entrevues ont été présentés par corps de métier au tableau 20,

au tableau 22, au tableau 24 et au tableau 26. Le tableau 28 offre une synthèse du contenu de ces quatre tableaux.

Tableau 28. Synthèse des facteurs évoqués par les intervenants pour le choix de la méthode de contrôle

Facteur	Notion sous-jacente
Exigences du MO	- Planification et encadrement de la part du MO - Lié au type de chantiers : industriel > institutionnel > commercial > résidentiel - Fait référence à l'aspect organisationnel : accueil, matériel, procédure, suivi...
Phase du chantier	- Présence/absence d'énergie : pas connecté aux sources d'énergie, phase d'alimentation, connecté
Type d'intervention	- Appel de service (urgence) ou chantier planifié - Durée des travaux, temps disponible pour l'intervention - Besoin en énergie
Contrôle sur les points de coupure	- Identification, accessibilité et facilité à cadenasser - Travail seul ou en équipe - Contact visuel avec le point de coupure - Disponibilité du matériel de cadenassage
Source d'énergie	- Type d'énergie - Intensité/gravité potentielle en cas d'accident
Pression et conviction	- Marge de manœuvre disponible (ex. impact de la coupure d'énergie) - Connaissances et acceptation du risque par l'intervenant

Les notions sous-jacentes à chaque facteur ont été détaillées par corps de métier dans la section 5.5. En simplifiant, on peut dire que l'intervenant fait une analyse « contraintes-bénéfices » informelle pour choisir sa méthode de contrôle des énergies. En dehors du type de chantiers et de l'encadrement offert par le MO, on peut retenir que :

- Si les installations ne sont pas encore alimentées/connectées, aucune mesure de contrôle des énergies ne sera mise en place. Le risque intervient lors de l'alimentation des installations sur le chantier avec le passage d'Hydro-Québec. À ce moment précis, les méthodes de contrôle des énergies doivent être en place et utilisées. Il s'agit d'un défi pour le MO en termes de communication et d'encadrement. Cet aspect concerne particulièrement le travail des électriciens et des tuyauteurs.
- Si l'intervention se fait en urgence, sans planification, comme dans le cas d'un appel de service (bris), le temps est un enjeu. Si le cadenassage demande trop de temps, il se peut qu'une autre méthode soit choisie. Il en est de même pour des interventions de courte durée et des interventions de type diagnostic avec un besoin en énergie intermittent.
- La facilité d'application du cadenassage est un critère important dans la balance « contraintes-bénéfices ». Pour les points de coupure (dispositif d'isolement), l'accessibilité (ex. : distance à parcourir, zone avec autorisation), l'identification (ex. : numérotation, plan technique à jour) et la possibilité de mettre un cadenas sans ajouter d'accessoire (ex. chaîne) sont considérés.

- Le degré de contrôle sur le dispositif d'isolement à OFF est un critère concernant la nécessité de poser un cadenas personnel (ex. probabilité qu'un autre intervenant manipule les dispositifs d'isolement). Selon les participants, les situations les moins à risque sont le travail seul dans un endroit isolé avec le contrôle visuel des dispositifs d'isolement (ex. frigoriste sur les toits). Au contraire, les situations les plus à risque sont le travail avec d'autres corps de métier venant d'autres compagnies (ex. tuyauteurs avec électriciens). C'est une des raisons principales pour lesquelles les frigoristes ne cadenassent pas le sectionneur local de l'unité monobloc sur les toits.
- Le type d'énergie et l'intensité des énergies, qui font référence à la gravité des blessures en cas d'incident, sont une des premières données prises en compte par les intervenants dans le choix de la méthode de contrôle à mettre en place. Par exemple, pour un tuyauteur, un travail effectué avec de l'eau est associé surtout à des risques matériels, alors qu'un travail avec des produits chimiques est associé à des risques à sa santé et à sa sécurité. Le niveau de contrôle des énergies sera pris en conséquence.
- L'analyse contraintes-bénéfices réfère aussi à la marge de manœuvre dont bénéficie l'intervenant et à ses convictions personnelles. La coupure de service aux usagers est, par exemple, un enjeu pour les électriciens. Les clients peuvent faire beaucoup de pression pour minimiser la longueur de la coupure de courant ou même l'empêcher. Des collègues moins convaincus par l'importance du contrôle des énergies peuvent également influencer les comportements et les décisions sur les chantiers. La conviction de l'intervenant par rapport au contrôle des énergies ainsi que les aptitudes et la possibilité de contester certaines décisions ont été des critères souvent évoqués par les intervenants. Cette conviction peut être influencée par la formation reçue, les compagnons suivis lors de la période d'apprentissage et les différentes expériences vécues sur les chantiers.

Ces facteurs qui composent l'analyse « contraintes-bénéfices » ne sont pas exclusifs au secteur de la construction. On peut les retrouver dans n'importe quel secteur d'activité où la méthode de contrôle des énergies n'est pas imposée à l'intervenant. Toutefois, cette analyse « contraintes-bénéfices » semble omniprésente pour les intervenants des chantiers résidentiels et commerciaux du secteur de la construction où l'intervenant peut être moins encadré et où il œuvre dans des lieux ou sur des installations qui sont susceptibles de changer chaque jour. Il est difficile, avec les données obtenues, de classer ces facteurs par ordre d'importance. Il s'agit d'un tout et leur mise en application sera spécifique à chaque situation. À ce stade-ci, il convient tout de même de rappeler que le cadenassage et l'utilisation de méthodes alternatives sont encadrés dans la réglementation et qu'en théorie l'intervenant ne doit pas avoir à faire ce type d'analyse « contraintes-bénéfices ».

6.2 Pistes de réflexion

Les pistes de réflexion proposées dans cette section ont pour objectif de favoriser l'application du cadenassage et du contrôle individuel des énergies par les intervenants du secteur de la construction. Ces pistes se basent principalement sur les problématiques et sur les suggestions soulevées par les intervenants. Il y a une certaine convergence entre ces pistes de réflexion et les conseils de l'annexe I de la norme CSA Z460 (2020) présentés à la section 2.1. Cette section s'adresse principalement au propriétaire des installations, aux sous-traitants, au MO désigné et aborde par le même fait certains aspects de la réglementation.

6.2.1 Planification des travaux

Selon les résultats obtenus, la planification et l'encadrement des travaux est la clé dans l'application de méthode de contrôle conformément à la réglementation. La désignation du MO est ainsi un facteur important. Quel que soit le chantier, le client et le sous-traitant (ex. : contremaître, intervenant) doivent convenir formellement avant les travaux de :

- qui jouera le rôle du MO au sens de la réglementation, qui prend la responsabilité effective du contrôle des énergies. Cela a un impact sur la préparation du matériel de cadenassage, la rédaction des procédures, la vérification de la formation, etc.;
- quand et comment partager l'information technique sur les installations;
- la durée et le moment de l'intervention afin que le temps alloué soit adéquat en intégrant le contrôle des énergies et que l'arrêt des équipements soit possible sans contrainte;
- la présence d'un électricien, si nécessaire, pour contrôler l'énergie électrique;
- la disponibilité des outils d'encadrement et de planification nécessaires au début des travaux (ex. : programme, formation, procédures, dessins techniques à jour, architecture électrique codifiée).

Dans les faits, il ne faut pas laisser les intervenants devoir improviser sur les moyens de contrôle des énergies. Pour les chantiers résidentiels, commerciaux et institutionnels, il peut être pertinent que le sous-traitant (ex. le contremaître) de par son expertise technique prenne les devants auprès du client/propriétaire de l'équipement pour clarifier la situation et les responsabilités. Certaines entreprises de frigoristes qui interviennent dans le secteur commercial procèdent ainsi, selon les participants rencontrés. Cette suggestion ne remet pas en cause la désignation et les responsabilités du MO au sens de la loi. Elle tente surtout de permettre aux sous-traitants d'anticiper les situations pour lesquelles la désignation du MO est floue, afin de bien définir les responsabilités et à planifier en conséquence avant l'exécution des travaux. Les sous-traitants doivent identifier et anticiper les chantiers les moins bien planifiés pour la sécurité de ses intervenants. L'article 51 de la LSST oblige d'ailleurs les employeurs à identifier les risques et à établir des moyens de contrôle pour leurs employés (RLRQ c. S-2.1).

Pour finir sur ce point, le CSTC se base sur la notion de MO sans égards au type de chantiers. Cette approche s'applique relativement bien au secteur industriel où le MO est généralement bien défini contractuellement avant les travaux en plus d'être le propriétaire des équipements. Cette

notion est plus complexe pour les acteurs de ce type de chantiers où le client n'a pas l'expertise technique sur les équipements concernés par l'intervention. Dans un objectif de prévention, il serait peut-être intéressant d'illustrer les notions de MO et de « responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux » selon le type de chantiers dans le contexte du contrôle des énergies en se basant sur les cas de figure rencontrés. Un outil ou un guide permettant de faciliter les échanges d'informations sur les installations existantes ou nouvelles, sur les définitions des rôles de chacun en matière de contrôle des énergies et sur une mise en œuvre réaliste du contrôle des énergies, peu importe le type de chantiers, semble pertinent afin de promouvoir la prévention des accidents et de rendre les articles du CSTC plus adaptés à la réalité du secteur. Au-delà du MO, les rôles de l'employeur du sous-traitant et du propriétaire des équipements pourraient être mieux définis, notamment dans le cas des chantiers hors industrie.

6.2.2 Formation et matériel de cadenassage

Lorsque la méthode de contrôle n'est pas imposée, le choix de l'intervenant pour la méthode de contrôle peut être influencé par ses connaissances sur le sujet et par la disponibilité du matériel. Ainsi, il peut être intéressant de travailler sur la formation et sur le matériel à disposition pour les intervenants. L'idée, ici, est de donner le plus d'outils possible aux intervenants pour qu'ils appliquent une méthode de contrôle qui respecte les règles de l'art, quel que soit le contexte en lien avec la désignation du MO. Cette suggestion va au-delà des exigences réglementaires, mais pourrait avoir un impact important dans la pratique sur le terrain.

Pour la formation, au sens large du terme, il serait intéressant, selon les participants, de :

- Inclure un module de formation obligatoire sur le contrôle des énergies pendant le cursus d'étude professionnelle. Ce module devrait inclure un côté pratique afin de préparer les étudiants à gérer les problématiques de contrôle des énergies qui se présentent sur le terrain (ex. : le client ne veut pas de coupure, dispositif d'isolement pas cadenassable).
- Insister sur le contrôle des énergies lors du compagnonnage et inclure cette notion dans le test pour devenir compagnon. Cela inclut (i) insister sur le fait que chaque intervenant doit poser son cadenas personnel, (ii) apprendre à ne pas négliger sa sécurité et à mettre ses limites auprès des clients, (iii) apprendre les bonnes pratiques pour la vérification d'absence de tension (ex. électricien). Les valeurs en matière de SST devraient être un critère important dans le choix du compagnon.
- Mettre en place des audits sur les chantiers, que ce soit le MO ou l'employeur du sous-traitant, afin d'assurer une amélioration continue des pratiques.

Concernant le matériel de cadenassage, le MO ou l'entité désignée doit fournir du matériel de cadenassage dédié pour assurer un certain niveau de qualité du matériel de cadenassage sur le chantier. Au-delà de ce principe, il serait intéressant que chaque intervenant sur les chantiers puisse avoir accès à des cadenas personnels et aux accessoires essentiels dans son métier, indépendamment du MO, afin de toujours être en mesure de cadenasser malgré les circonstances et le type de chantiers. La remise du matériel pourrait avoir lieu au cours de la formation professionnelle. Cela pourrait faire partie du « coffre à outils » de base. Encore une fois, cette suggestion va au-delà des exigences réglementaires, mais pourrait avoir un impact important dans la pratique sur le terrain.

Certaines suggestions spécifiques sur le matériel ont été faites par corps de métier dans la section « Résultats » (ex. ne pas se fier uniquement aux crayons testeurs pour la vérification d'absence de tension, plutôt privilégier l'utilisation d'un multimètre). Finalement, sur les grands chantiers notamment, il faut anticiper que les besoins en cadenassage vont en grandissant avec l'avancée du chantier (ex. ajout de types d'énergie et de corps de métier).

6.2.3 Points de coupure et conception

Après les connaissances et l'accès au matériel de cadenassage, la facilité pour cadenasser le dispositif d'isolement en position de coupure est un incitatif dans les situations moins bien encadrées. Ainsi, les propriétaires des installations et les concepteurs devraient s'assurer que leurs dispositifs d'isolation (ex. : disjoncteur, sectionneur, valves) soient :

- Identifiés : les plans techniques doivent être à jour et chaque point de coupure doit être codifié afin de pouvoir le relier facilement à l'équipement;
- Accessibles : l'emplacement des dispositifs d'isolement doit permettre un accès sans difficulté (ex. : en hauteur, dans un endroit exigü), sans obstacle. Si les dispositifs d'isolement sont placés dans une salle réservée (ex. salle des machines), prévoir les procédures et les ressources pour que ce ne soit pas une entrave au contrôle des énergies;
- Cadenassables : les dispositifs d'isolement installés doivent permettre l'installation de cadenas personnels sans l'ajout d'accessoire (ex. couvre-valve). Ce principe devrait être appliqué sur toutes nouvelles constructions ou lors de modifications apportées à des constructions existantes. Concernant les valves, il est recommandé d'installer des modèles qui permettent la décompression en aval ou en amont (purge), lorsque pertinent;
- Locaux : des points de coupure proches de l'équipement doivent être disponibles (ex. sectionneur local) pour faciliter le contrôle des énergies et éviter de devoir arrêter simultanément plusieurs équipements non concernés par l'intervention.

Les sous-traitants ont leur rôle à jouer en sensibilisant les propriétaires des équipements lors de leurs devis et de leurs interventions. Pour les propriétaires, il peut y avoir un gain en termes de sécurité, mais aussi en termes d'exploitation des installations avec des coupures plus localisées et potentiellement plus courtes.

Lors de la conception des équipements et même lors de la planification des chantiers, il serait également utile d'anticiper les interventions où le cadenassage n'est pas applicable pour faciliter le travail des intervenants et réduire les risques. Par exemple, les interventions de diagnostic sont moins adaptées à l'application d'une procédure de cadenassage avec beaucoup de « ON-OFF-ON-OFF » et un besoin en énergie. L'exemple des frigoristes avec les unités monoblocs est un bon exemple. Les panneaux basse tension et de puissance pourraient être séparés pour ne pas exposer l'intervenant aux plus hautes tensions lors des phases de diagnostic. Dans tous les cas, ce type d'intervention à risque devrait être anticipé en termes de contrôle des énergies avec des procédures spécifiques formalisées.

D'un point de vue pratique, il est recommandé sur les chantiers neufs de commencer par l'installation de l'équipement « consommateur » (ex. : machine, luminaire, prises), puis de remonter vers l'alimentation des installations afin d'être exposé le moins de temps possible au risque électrique. Il est recommandé aussi de pratiquer la mise sous tension du chantier par zone.

6.2.4 Procédure et analyse de risque

Pour favoriser le développement et la présence de procédures de contrôle des énergies sur les chantiers hors industrie, la notion de propriétaire des équipements, plutôt que simplement de MO, pourrait être exploitée. Si chaque propriétaire rédigeait une fiche de cadenassage pour ses équipements, cela aiderait grandement les sous-traitants seuls sur un travail de maintenance. Encore une fois, cette suggestion va au-delà de ce qui est strictement mentionné dans le CSTC, mais pourrait avoir un impact important dans la pratique sur le terrain.

D'un point de vue opérationnel, il serait intéressant de mettre à disposition une grille d'analyse de risque formalisée et des procédures de contrôle des énergies générales, par corps de métier, pour les interventions courantes et non complexes (ex. une source d'énergie). D'ailleurs, la CMEQ (2017) propose un modèle semblable de procédure pour les électriciens.

Aussi, il y a toujours des situations où le cadenassage ne s'applique pas, il convient donc d'anticiper au début du chantier l'utilisation de méthodes alternatives au cadenassage. Les critères évoqués au tableau 28 peuvent servir de référence. Sur les grands chantiers, un coordonnateur du contrôle des énergies pourrait être nommé en lien avec la gestion des procédures en raison du caractère changeant et des multiples mises en tension et vérification pré-opérationnelles.

L'exemption de procédure écrite spécifique sous certaines conditions (ex. : combinaison d'une source d'énergie, d'un seul point de coupure, d'un seul cadenas, pas d'énergie résiduelle, etc.) comme mentionnée dans certaines normes sur le contrôle des énergies pourrait également être explorée dans le but de simplifier la gestion documentaire (ANSI et ASSE, 2014).

Concernant les autres méthodes pour les situations de risque électrique, les intervenants ne semblent pas adhérer au port des habits « arc flash ». Une attention particulière devrait être portée sur ce sujet sur le terrain.

7. CONCLUSION

À la différence des études précédentes de l'IRSST sur le contrôle des énergies, ce rapport est spécifique au secteur de la construction. Les changements au CSTC en 2016 se sont traduits par l'ajout de plusieurs articles sur le cadenassage. Les articles du CSTC font référence au MO qui correspond, dans les grandes lignes, à l'employeur qui a autorité sur l'établissement dans les articles du RSST. Conformément à l'objectif général, cette étude a permis de documenter sommairement les pratiques actuelles en lien avec le contrôle des énergies pour quatre corps de métier œuvrant dans le secteur de la construction : les électriciens, les tuyauteurs, les frigoristes et les mécaniciens. Les 38 participants relatant un total de 95 expériences ont permis de dresser un portrait par corps de métier et par type de chantiers.

La méthodologie choisie étant principalement basée sur des entrevues, ce portrait est avant tout qualitatif et les résultats sont des pistes de réflexion, souvent mises de l'avant par les participants de l'étude. L'étude est limitée à quatre corps de métier et le secteur du génie civil n'a pas pu être inclus dans l'analyse. Cette étude est donc avant tout exploratoire.

Tout d'abord, les risques liés aux lacunes lors du contrôle des énergies sur les chantiers ont été recensés et l'étude révèle qu'en moyenne un décès par an entre 1990 et 2017 dans ce genre de situation a eu lieu. On retient notamment l'absence d'application d'une méthode de contrôle des énergies adéquate lors de l'ensemble des accidents mortels recensés. Le risque électrique et les électriciens sont largement représentés dans l'échantillon (respectivement 66 % et 50 % des cas), tout comme les secteurs commercial et industriel (3/4 des cas à parts égales). Le travail des électriciens sur des luminaires en hauteur dans le secteur commercial est une situation très spécifique qui représente 16 % des cas recensés. Toutefois, les électriciens et le risque électrique ne sont pas les seules variables à considérer puisqu'un tiers des décès ou accidents graves ont été liés à un risque mécanique. Ce point a d'ailleurs été confirmé lors des entrevues où les participants provenant de tous les corps de métier ont rapporté des incidents ou des passés-proches et pas seulement en lien avec l'électricité. Des risques liés aux énergies dangereuses suivantes ont nommément été évoqués : vapeur, éléments tournants et produits chimiques.

Les entrevues avec les 38 participants révèlent que le respect des exigences décrites dans le CSTC sur le contrôle des énergies (section 2.20) est variable et pas toujours si simple à atteindre. Cette variabilité s'observe particulièrement lorsqu'on analyse les données par type de chantiers (tableau 27). En effet, le contrôle des énergies selon les exigences du CSTC est globalement mis en application sur les chantiers industriels et les grands chantiers commerciaux/institutionnels, quel que soit le corps de métier. Pour ce type de chantiers, le MO est généralement bien défini contractuellement avant les travaux. Dans la plupart des cas, le cadenassage est la méthode utilisée. Pour les autres types de chantiers, la détermination du MO et la planification des interventions posent problème que ce soit pour des questions de communication avant les travaux, de ressources ou autres. Cette notion est plus complexe dans la situation où le client n'a pas l'expertise technique sur les équipements concernés par l'intervention. Cela fait en sorte que l'accueil, le matériel de cadenassage et les procédures de contrôle des énergies ne sont pas toujours présents sur les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels standards.

D'après les entrevues, le cadenassage est rarement la méthode choisie par l'intervenant pour le contrôle des énergies lorsque le MO désigné ne l'impose pas, en particulier pour les électriciens, les tuyauteurs et les frigoristes. Les mécaniciens sont à part puisqu'ils œuvrent principalement sur les chantiers industriels. Dans la plupart des expériences sans exigence ni surveillance d'un MO désigné, le contrôle des énergies consiste à isoler les énergies et vérifier l'absence effective d'énergie. L'intervenant peut également choisir de travailler sur des installations énergisées (ex. électriciens). Contrairement aux exigences du CSTC, l'utilisation de méthodes alternatives au cadenassage par les intervenants n'est pas documentée par une analyse de risque à quelques exceptions près dans le secteur industriel et les grands chantiers institutionnels/commerciaux. Le choix de la méthode de contrôle des énergies se base sur une analyse « contraintes-bénéfices » informelle par les intervenants (c.-à-d. pas de procédures écrites ni de démarche d'analyse de risque comme celle décrite dans le CSTC). Les facteurs exprimés par les intervenants pour le choix de méthode de contrôle des énergies (c.-à-d. avec énergie, sans énergie, mais sans contrôle des points de coupure, cadenassage) ont été synthétisés au tableau 28. Il convient de rappeler que l'intervenant, selon la réglementation, ne devrait pas avoir à faire ce type d'analyse « contraintes-bénéfices » informelle.

Les pistes de réflexion formulées ont été basées sur les suggestions des participants et sur les facteurs de l'analyse « contraintes-bénéfices ». L'objectif de ces pistes de réflexion est de minimiser les contraintes et d'augmenter les bénéfices afin de faire pencher la balance du côté du contrôle individuel sur les énergies (ex. cadenas personnel). Plus spécifiquement, les suggestions ont porté sur la désignation du MO, la planification des travaux, la mise à disposition du matériel, la formation des intervenants, la conception des points de coupure et l'utilisation d'analyse de risque plus formalisée. L'approche de prévention suggérée, qui ne remet pas en cause les exigences réglementaires actuelles, est de rendre les intervenants moins dépendants de la notion de MO sur les chantiers où cette notion n'est pas toujours bien appliquée (ex. : matériel, procédure générale). Ce point est spécifique au secteur de la construction.

Au final, les exigences du CSTC avec la notion de MO sont relativement bien adaptées aux chantiers industriels et aux grands chantiers institutionnels/commerciaux. Elles trouvent moins d'échos sur les autres types de chantiers au moment de l'étude. Un outil ou un guide permettant de faciliter les échanges d'informations sur les installations existantes ou nouvelles, les définitions des rôles de chacun en matière de contrôle des énergies a été suggéré. Le rôle des employeurs des sous-traitants et des propriétaires des équipements mériterait d'être mieux défini, notamment dans le cas des chantiers hors industrie. De plus, la simplification de la gestion du contrôle des énergies (ex. absence de documentation dans des cas précis) semble être une avenue à explorer, tout comme le développement d'un concept d'analyse de risque spécifique au secteur de la construction pour formaliser le choix d'une méthode alternative au cadenassage. La transition numérique avec l'industrie 4.0 pourrait être une voie pour aider la planification du contrôle des énergies sur les grands chantiers. Enfin, les pratiques en lien avec le contrôle des énergies sur les chantiers de génie civil mériteraient d'être explorées dans une étude spécifique.

BIBLIOGRAPHIE

- American National Standards Institute et American Society of Safety Engineers. (2014). *Control of energy sources (lockout/tagout) for construction and demolitions operations*. Norme ANSI/ASSE A10.44.
- Arayici, Y. et Coates, P. (2012). A system engineering perspective to knowledge transfer: A case study approach of BIM adoption. Dans T. Xinxing (édit.), *Virtual reality: Human computer interaction* (p. 179-206). <https://doi.org/10.5772/51052>
- Association canadienne de normalisation. (2018). *Sécurité en matière d'électricité au travail*. Norme CSA Z462-18.
- Association canadienne de normalisation. (2020). *Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes*. Norme CSA Z460-20.
- Association des commissions des accidents du travail du Canada. (2018). *Statistiques nationales des accidents, maladies et décès professionnels 2016-2018*. ACATC. <https://awcbc.org/wp-content/uploads/2020/05/National-Work-Injury-Disease-and-Fatality-Statistics-2016-2018.pdf>
- Association patronale des entreprises en construction du Québec. (2019). *Qui est le maître d'œuvre?* <https://apecq.org/qui-est-le-maitre-doeuvre/>
- Aubin-Auger, I., Mercier, A., Baumann, L., Lehr-Drylewicz, A.-M., Imbert, P. et Letrilliart, L. (2008). Introduction à la recherche qualitative. *Exercer*, 84(19), 142-145. http://www.bichat-larib.com/publications.documents/3446_2008_introduction_RQ_Exercer.pdf
- Beaudry, C., Dion, C., Guérin, M., Perrault, G., Bégin, D. et Lavoué, J. (2011). *Exposition des travailleurs de la construction à la silice cristalline : bilan et analyse de la littérature* (Rapport n° R-692). IRSST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-692.pdf>
- Bell, V. (2017). *Le cadenassage : guide de prévention* (5^e éd.). ASP construction. <https://www.asp-construction.org/publications/publication/dl/le-cadenassage-2017-23-p>
- Bergeron, F. et Deschênes, É. (2017). *Cadenassage et autres méthodes sur les chantiers de construction* [Présentation PowerPoint]. Grand Rendez-Vous de la CNESST.
- Boucher, A. (2017). *Accidents du travail acceptés survenus dans le secteur Bâtiments et travaux publics, Québec, 2010-2014*. IRSST. Données non publiées.
- Bouchard, P. (2017). *Délimitation d'un chantier de construction et identification du maître d'œuvre*. CNESST. <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-16155web.pdf>
- Bureau of Labor Statistics (2019). *National census of fatal occupational injuries in 2018*. <https://www.bls.gov/news.release/pdf/cfoi.pdf>
- Burlet-Vienney, D. (2019). *Équipements mobiles : démarche de contrôle des énergies (cadenassage et autres méthodes)* (Rapport n° RG-1034). IRSST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RG-1034.pdf>
- 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). IRSST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-975.pdf>
- Burlet-Vienney, D. et Dufresne, R. (2021). *Outil d'autodiagnostic (audit) pour l'application du cadenassage* (Guide technique n° DT-1073). IRSST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/DT-1073.pdf>
- Burlet-Vienney, D., Giraud, L. et Dufresne, R. (2021). *Outil d'autodiagnostic (audit) pour le contenu d'un programme de contrôle des énergies (cadenassage et autres méthodes)*

- (Guide technique n° DT-1148-fr). IR SST.
<https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/DT-1148-fr.pdf>
- Cawley, J. C. et Brenner, B. C. (2012, 31 janvier-3 février). *Occupational electrical injuries in the US, 2003–2009* [Communication]. 2012 IEEE IAS Electrical Safety Workshop, Daytona Beach, FL (p. 1-5). <https://ieeexplore.ieee.org/document/6165543>
- Cawley, J. C. et Homce, G. T. (2006, 11-15 septembre). *Trends in electrical injury, 1992-2002* [Communication]. 2006 Record of Conference Papers-IEEE Industry Applications Society 53rd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference (p. 1-14). <https://www.cdc.gov/niosh/mining/userfiles/works/pdfs/tiejii.pdf>
- Chi, C. F., Yang, C.-C. et Chen, Z.-L. (2009). In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(4), 635-644. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.12.003>
- Chinniah, Y., Bahloul, A., Bulet-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). IR SST. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-928.pdf>
- Chinniah, Y., Boukas, É.-K., Bulet-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). IR SST. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-615.pdf>
- Chinniah, Y., Bulet-Vienney, D., Karimi, B. et Aucourt, B. (2019). *Bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles* (Rapport n° R-1073). IR SST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-1073.pdf>
- Chinniah, Y., Bulet-Vienney, D., Paques, J.-J. et Boivin, G. (2012). *Secteur des affaires municipales au Québec : étude exploratoire du cadenassage* (Rapport n° R-741). IR SST. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-741.pdf>
- Chinniah, Y., Champoux, M., Bulet-Vienney, D. et Daigle, R. (2008). *Analyse comparative des programmes et procédures de cadenassage appliqués aux machines industrielles* (Rapport n° R-587). IR SST. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-587.pdf>
- Code de sécurité pour les travaux de construction*, RLRQ, c. S-2.1, r. 4.
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2005). *Accident mortel survenu à un travailleur de Pro-net (Beauce) inc. le 18 juin 2004 à l'établissement de Boa Franc inc. de Saint-Georges (Beauce)* (Rapport d'enquête n° EN-003503). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed003503.pdf>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2007). *Accident avec blessures graves survenu à deux travailleurs de Groupe Chamberland ltée le 6 mars 2006 dans une chambre électrique située au 2200, rue Chapdelaine à Sainte-Foy* (Rapport d'enquête n° EN-003714). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed003714.pdf>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2008). *Accident mortel survenu à un travailleur le 26 novembre 2007, sur un chantier de construction situé au 2990, avenue Pierre-Péladeau à Laval* (Rapport d'enquête n° EN-003713). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed003713.pdf>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2009). *Un travailleur de la compagnie Technologie Lanconnect inc. perd la vie lorsque la plateforme élévatrice dans laquelle il prend place se renverse le 24 octobre 2008 à l'entreprise Métro Rochelieu inc. située au 11555, rue Maurice-Duplessis à Montréal* (Rapport d'enquête n° EN-003773). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed003773.pdf>

- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2015). *Nouvelles règles sur le cadenassage : comment s'y préparer?* [Présentation PowerPoint]. Conseil du Patronat du Québec.
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST). (2016a). *Accident mortel survenu à un travailleur d'Ascenseurs Viau inc. le 19 février 2016 à l'Université de Montréal, à l'angle du chemin de la Rampe et du boulevard Édouard-Montpetit, à Montréal, arrondissement de Côte-des-Neiges-Notre-Dame-de-Grâce* (Rapport d'enquête n° EN-004103). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed004103.pdf>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2016b). *Rapport annuel de gestion 2015*. CNESST.
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2018). *Accident mortel survenu à un travailleur de l'entreprise Arno Électrique ltée, le 11 avril 2017 au 76, rue St-Joseph à Montréal, arrondissement Lachine* (Rapport d'enquête n° EN-004166). CNESST. <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed004166.pdf>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2019). *Statistiques annuelles 2018*. CNESST.
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2021). *Guide d'information sur les dispositions réglementaires : cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies*. CNESST. <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-1579web.pdf>
- Commission de la construction du Québec. (2020). *Statistiques annuelles de l'industrie de la construction 2019*. [https://www.ccq.org/-/media/Project/Ccq/Ccq-Website/PDF/Recherche/StatistiquesHistoriques/2019/Faits saillans tableaux.pdf](https://www.ccq.org/-/media/Project/Ccq/Ccq-Website/PDF/Recherche/StatistiquesHistoriques/2019/Faits_saillans_tableaux.pdf)
- Conseil provincial du Québec des métiers de la construction - International. (2017). *Métiers et occupations*. <https://cpqmci.org/metiers/>
- Corporation des maîtres électriciens du Québec. (2017). *Programme de prévention : attention à la tension*. CMEQ. <https://www.cmeq.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=14422&token=79cad2a704a4b20287f5810857de6360be7c32d1>
- Fang, D. et Wu, H. (2013). Development of a Safety Culture Interaction (SCI) model for construction projects. *Safety Science*, 57, 138-149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2013.02.003>
- Fargnoli, M. et Lombardi, M. (2020). Building information modelling (BIM) to enhance occupational safety in construction activities: Research trends emerging from one decade of studies. *Buildings*, 10(6), 98. <https://doi.org/10.3390/buildings10060098>
- Feng, Y. et Trinh, M. T. (2019). Developing resilient safety culture for construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(11). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001720](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001720)
- Galy, B. et Lan, A. (2019). *Résistance des garde-corps en bois fixés sur des structures neuves et comportement sous charges de garde-corps métalliques fixés sur des structures existantes* (Rapport n° R-1048). IRSST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-1048.pdf>
- Gillham, B. (2000). *The research interview*. Continuum.
- Hinze, J., Huang, X. et Terry, L. (2005). The nature of struck-by accidents. 131(2), 262-268. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2005\)131:2\(262\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:2(262))

- Institut de la Statistique du Québec. (2019). *Travail et rémunération : état du marché du travail au Québec : bilan de l'année 2018*. ISQ. <https://statistique.quebec.ca/fr/fichier/etat-du-marche-du-travail-au-quebec-bilan-de-lannee-2018.pdf>
- Ichikawa, N. (2016). Electrical fatality rates in Japan, 2002-2011: New preventive measures for fatal electrical accidents. *IEEE Industry Applications Magazine*, 22(3), 21-26. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7405256>
- Janicak, C. A. (2008). Occupational fatalities due to electrocutions in the construction industry. *Journal of Safety Research*, 39(6), 617-621. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2008.10.007>
- Jiang, G. (2012, 18-20 août). *Research on the model for coordination and management system of the construction project* [Communication]. International Conference on Civil Engineering and Urban Planning 2012, Yantai, Chine (p. 540-543). <https://doi.org/10.1061/9780784412435.096>
- Karimi, B., Chinniah, Y., Bulet-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. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.005>
- Laforest, J., Bouchard, L. M. et Maurice P. (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.). INSPQ. https://www.inspq.gc.ca/sites/default/files/publications/1315_guideorgaentretienssemidiri_ginformcles2eed.pdf
- Loi sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1.
- Loi sur les relations du travail, la formation professionnelle et la gestion de la main-d'œuvre dans l'industrie de la construction*, RLRQ, c. R-20.
- McCann, M. (2006). Heavy equipment and truck-related deaths on excavation work sites. *Journal of Safety Research*, 37(5), 511-517. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.08.005>
- McCann, M., Hunting, K. L., Murawski, J., Chowdhury, R. et Welch, L. (2003). Causes of electrical deaths and injuries among construction workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 43(4), 398-406. <https://doi.org/10.1002/ajim.10198>
- Microsoft Corporation. (2016). Microsoft Excel (Version 2016) [Logiciel]. Microsoft Corporation.
- Myers-Lawson School of Construction. (2017). *Preventing fatalities in the construction industry*. https://www.agc.org/sites/default/files/Files/Safety%20%26%20Health/AGC-VT%20Fatality%20Report%20%5BFinal%5D_0.pdf
- Nélisse, H., Laroche, C., Giguère, C., Vaillancourt, V. et Boutin, J. (2017). *Performance acoustique des alarmes de recul tonales et large bande en milieu ouvert en vue d'une utilisation optimale* (Rapport n° R-977). IR SST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-977.pdf>
- Règlement sur la santé et la sécurité du travail*, RLRQ, c. S-2.1, r. 13.
- Smith, P. (2014). BIM & the 5D project cost manager. *Procedia-Social*, 119(3), 475-484. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.053>
- Volberg, V., Fordyce, T., Leonhard, M., Mezei, G., Vergara, X. et Krishen, L. (2017). Injuries among electric power industry workers, 1995-2013. *Journal of Safety Research*, 60(2), 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.11.001>
- Wang, J., Zou, P. X. et Li, P. P. (2016). Critical factors and paths influencing construction workers' safety risk tolerances. *Accident Analysis & Prevention*, 93, 267-279. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.11.027>
- Zhao, D., McCoy, A. P., Kleiner, B. M. et Smith-Jackson, T. L. (2015). Control measures of electrical hazards: An analysis of construction industry. *Safety Science*, 77, 143-151. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.001>

ANNEXE A : CERTIFICAT DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE



CERTIFICAT DE CONFORMITÉ ÉTHIQUE

Montréal, le 21 mars 2018

M. Yuvin Chinniah
M. Damien Burlet-Vienney
Département de génie mathématiques et génie industriel
Polytechnique Montréal

N/Réf : Dossier CÉR-1617-62

Messieurs,

J'ai le plaisir de vous informer que les membres du Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains (CÉR) ont procédé à l'évaluation en comité restreint du projet de recherche intitulé « *Contrôle des énergies par le cadenassage et les méthodes alternatives dans le secteur de la construction* », sur la base des documents et informations que vous nous avez fournis.

Les membres du CÉR ayant examiné votre projet en ont recommandé l'approbation sur la base des précisions que vous nous avez fait parvenir ainsi que des réponses aux questions et commentaires du CÉR.

Veillez noter que le présent certificat est valable pour une durée d'un an, soit du **21 mars 2018 au 20 mars 2019**, pour le projet tel que soumis au Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains.

Afin d'éviter des délais de renouvellement de votre certificat, le cas échéant, nous vous saurions gré de nous faire parvenir un bref rapport annuel au moins un mois avant l'expiration du présent certificat (<http://www.polymtl.ca/recherche/document/deonto.php>). Le coordonnateur du CÉR devra aussi être informé de toute modification qui pourrait être apportée ultérieurement au protocole expérimental, de même que de tout problème imprévu pouvant avoir une incidence sur la santé et la sécurité des personnes impliquées dans le projet de recherche (sujets, professionnels de recherche ou chercheurs).

Je vous souhaite bonne chance dans la poursuite de vos travaux.



Delphine Périé-Curnier, Présidente
Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains

cc: Pierre-Jean Alarco (DRIAI), Sylvie Proulx (Service des Finances)

Comité d'éthique de la recherche
avec des êtres humains
Pierre-Jean Alarco, Coordonnateur
Delphine Périé-Curnier, Présidente
Tél.: 514 340-4711 poste : 3755
Fax : 514 340-4992
Courriel : polycer@polymtl.ca

Adresse postale
C.P. 6079, succ. Centre-Ville
Montréal (Québec) Canada H3C 3A7

Campus de l'Université de Montréal
2900, boul. Édouard-Montpetit
2500, chemin de Polytechnique
Montréal (Québec) Canada H3T1J4

ANNEXE B : QUESTIONNAIRE POUR LES ENTREVUES AVEC LES PARTICIPANTS À L'ÉTUDE (GUIDE D'ENTRETIEN)

B.I Participant

Métier ⁽¹⁰⁾	Métier exercé ⁽¹⁰⁰⁾ : <input type="checkbox"/> Électricien <input type="checkbox"/> Tuyauteur <input type="checkbox"/> Frigoriste <input type="checkbox"/> Mécanicien Sur les chantiers, quel rôle occupez-vous principalement? ⁽¹⁰¹⁾ <input type="checkbox"/> Contremaître <input type="checkbox"/> Compagnon <input type="checkbox"/> Apprenti Ancienneté dans le métier/Nombre d'heures d'expérience ⁽¹⁰²⁾ : Niveau d'étude ⁽¹⁰²⁾ : Appartenance à un autre regroupement professionnel ou syndical ⁽¹⁰³⁾ : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui :
Statut ⁽¹¹⁾	<input type="checkbox"/> Entre 2 contrats ⁽¹¹⁰⁾ <input type="checkbox"/> Salarié d'une entreprise ⁽¹¹¹⁾ Ancienneté dans l'entreprise : Activités de l'entreprise : Nombre de travailleurs : Comité SST paritaire? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Appartenance à une corporation/un ordre professionnel : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Si oui : <input type="checkbox"/> CMEQ <input type="checkbox"/> CMMTQ <input type="checkbox"/> CETAF <input type="checkbox"/> Autre :
Activités de travail ⁽¹²⁾	Type de chantiers auquel vous participez? ⁽¹²⁰⁾ <input type="checkbox"/> Résidentiel <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Industriel <input type="checkbox"/> Génie civil <input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Existant Type de travaux effectués typiquement (raisons, équipements visés)? ⁽¹²¹⁾ - - - -

B.II Gestion du contrôle des énergies dangereuses par le participant**Connaissances
Formation** (20)

Avez-vous reçu une formation spécifique sur le cadenassage? (203)
(CSTC, art. 2.20.8)

Oui Non

- Si oui, combien?
- Pour quelle raison (ex. : exigence du maître d'œuvre)?
- Par qui?
- Quelle était la durée de la formation et le contenu de la formation?
- Avez-vous des remises à niveau périodiques de prévues? Oui Non

Si oui, quelles sont la fréquence et les raisons?

Vous souvenez-vous avoir eu un module sur le cadenassage lors du cours santé et sécurité générale sur les chantiers de construction (module 14 : Électricité 2)? (202)

Oui Non

Êtes-vous au fait du règlement mis en place en janvier 2016 en lien avec le cadenassage (CSTC)? (204) Oui Non

Si oui, depuis quand?

Qu'en retenez-vous?

Y a-t-il eu des modifications dans votre pratique suite à ces changements réglementaires? Oui Non

En résumé, le cadenassage c'est quoi pour vous? (200) (CSTC, art. 2.20.1)

Pratique ⁽²¹⁾

Dans quelles circonstances appliquez-vous le cadenassage (ou une autre méthode) lors de vos activités? ⁽²¹⁰⁾

- Toujours, si la situation l'exige
- Ça dépend du maître d'œuvre
- Jamais

Justifier :

Pour quelles activités? Quelles sont les plus fréquentes? ⁽²¹¹⁾ (CSTC, art. 2.20.2)

- Installation / Montage
- Inspection
- Nettoyage / Déblocage
- Entretien / Maintenance / Réparation
- Ajustement / Réglage
- Modification / Mise hors d'usage
- Autres :

Pour quel type d'équipement? ⁽²¹²⁾

-
-
-

Avez-vous des incidents ou des passés proches à partager que le cadenassage (ou autre méthode de contrôle des énergies) aurait pu éviter? ⁽²¹³⁾

-
-
-

Organisation ⁽²²⁾

Quel matériel avez-vous en votre possession (ex. : dans votre camion) pour le contrôle des énergies lors de vos activités? ⁽²²⁰⁾ (CSTC, 2.20.11)

- Cadenas personnalisés et à clé unique, registre
- Accessoires de cadenassage
- Autres :

Quels documents avez-vous en votre possession pour le contrôle des énergies lors de vos activités? ⁽²²¹⁾ (CSTC, art. 2.20.4, 2.20.5)

- Fiches de cadenassage
- Politique de cadenassage (programme)
- Outil d'analyse des risques pour choisir d'autres méthodes que le cadenassage
- Procédure spécifique autre (autre méthode que le cadenassage)

Auditez-vous en interne votre pratique pour le contrôle des énergies (programme, procédure, application)? ⁽²²²⁾ Oui Non

Comment jugez-vous votre pratique du cadenassage et autres méthodes par rapport aux autres dans votre corps de métier? ⁽²²³⁾

- Meilleure
- Équivalente ou inférieure
- Ne se prononce pas

Explications :

B.III Gestion du contrôle des énergies dangereuses sur les chantiers

(2 types de chantiers visés, 2 expériences par type de chantiers + synthèse)

Type de chantiers 1 <small>(30)</small> Expériences représentatives	<input type="checkbox"/> Résidentiel <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Industriel <input type="checkbox"/> Génie civil <small>(300)</small>
	Type de chantiers 1 - Expérience 1 Maître d'œuvre (MO) : <small>(301)</small> Contexte de l'intervention (où, quand) : <small>(302)</small> Travaux visés : <small>(303)</small> Équipements visés : <small>(304)</small> Travaux effectués : <small>(305)</small> <input type="checkbox"/> Seul <input type="checkbox"/> En groupe <input type="checkbox"/> En présence d'autres entreprises Énergies dangereuses : <small>(306)</small> <input type="checkbox"/> Électrique <input type="checkbox"/> Pneumatique <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Chimique <input type="checkbox"/> Hydraulique <input type="checkbox"/> Thermique Accueil du MO (autorisation, formation requise, information sur les risques): <small>(307)</small> Préparation du contrôle des énergies par le MO (procédure de contrôle des énergies déterminé, matériel de cadenassage utilisé): <small>(308)</small> Procédure de contrôle des énergies utilisée (cadenassage, alternative) : <small>(309)</small> Suivi des travaux par le MO (vérification de l'application, continuité du contrôle des énergies, audit) : <small>(310)</small> Fin des travaux (remise en service, archivage) : <small>(311)</small>

Type de chantiers 1 - Expérience 2

Maître d'œuvre (MO) : (312)

Contexte de l'intervention (où, quand) : (313)

Travaux visés : (314)

Équipements visés : (315)

Travaux effectués : (316) Seul En groupe
 En présence d'autres entreprises

Énergies dangereuses : (317) Électrique Pneumatique Mécanique
 Chimique Hydraulique Thermique

Accueil du MO (autorisation, formation requise, information sur les risques):
(318)

Préparation du contrôle des énergies par le MO (procédure de contrôle des énergies déterminé, matériel de cadenassage utilisé): (319)

Procédure de contrôle des énergies utilisée (cadenassage, alternative) : (320)

Suivi des travaux par le MO (vérification de l'application, continuité du contrôle des énergies, audit) : (321)

Fin des travaux (remise en service, archivage) : (322)

SYNTHÈSE - Organisation du type de chantiers 1

De manière générale, dans quelles mesures ces éléments en lien avec le contrôle des énergies sont présents sur ce type de chantiers?

Préparation : ⁽³²³⁾ Faite Limitée Inexistante

- Autorisation écrite du MO : (CSTC, art. 2.20.9) Oui Non
- Accueil et information sur les risques par le MO : (CSTC, art. 2.20.8) Oui Non
- Vérification de la formation des intervenants par le MO : (CSTC, art. 2.20.8) Oui Non
- Gestion de la coactivité par le MO : (CSTC, art. 2.20.10) Oui Non

Application : ⁽³²⁴⁾ Faite Limitée Inexistante

- Procédure de contrôle des énergies rédigées par le MO : (CSTC, art. 2.20.5) Oui Non
- Procédure accessible et à jour : (CSTC, art. 2.20.5) Oui Non
- Procédure appliquée par tous les intervenants impliqués : (CSTC, art. 2.20.3) Oui Non
- Planification des cadenas personnalisés et du matériel par le MO : (CSTC, art. 2.20.11) Oui Non
- Étapes impliquées dans les procédures de cadenassage : (CSTC, art. 2.20.6)
 - o Lecture de la procédure : Oui Non
 - o Arrêt : Oui Non
 - o Isolement : Oui Non
 - o Condamnation : Oui Non
 - o Dissipation/Blocage : Oui Non
 - o Vérification : Oui Non
- Dispositifs d'isolement codifiés, cadenassables, accessibles : Oui Non

Suivi : ⁽³²⁵⁾ Fait Limité Inexistant

- Consignation de l'application de la méthode de contrôle : Oui Non
- Procédure pour la continuité de la méthode de contrôle : Oui Non
- Procédure en cas d'oubli de cadenas : (CSTC, art. 2.20.12) Oui Non

Type de chantiers 2 ⁽³³⁾

Résidentiel Commercial Industriel Génie civil ⁽³³⁰⁾

Expériences représentatives	Type de chantiers 2 - Expérience 1
	Maître d'œuvre (MO) : (331)
	Contexte de l'intervention (où, quand) : (332)
	Travaux visés : (333)
	Équipements visés : (334)
	Travaux effectués : (335) <input type="checkbox"/> Seul <input type="checkbox"/> En groupe <input type="checkbox"/> En présence d'autres entreprises
	Énergies dangereuses : (336) <input type="checkbox"/> Électrique <input type="checkbox"/> Pneumatique <input type="checkbox"/> Mécanique <input type="checkbox"/> Chimique <input type="checkbox"/> Hydraulique <input type="checkbox"/> Thermique
	Accueil du MO (autorisation, formation requise, information sur les risques): (337)
	Préparation du contrôle des énergies par le MO (procédure de contrôle des énergies déterminé, matériel de cadenassage utilisé): (338)
	Procédure de contrôle des énergies utilisée (cadenassage, alternative) : (339)
	Suivi des travaux par le MO (vérification de l'application, continuité du contrôle des énergies, audit) : (340)
	Fin des travaux (remise en service, archivage) : (341)

Type de chantiers 2 - Expérience 2

Maître d'œuvre (MO) : (342)

Contexte de l'intervention (où, quand) : (343)

Travaux visés : (344)

Équipements visés : (345)

Travaux effectués : (346) Seul En groupe
 En présence d'autres entreprises

Énergies dangereuses : (347) Électrique Pneumatique Mécanique
 Chimique Hydraulique Thermique

Accueil du MO (autorisation, formation requise, information sur les risques):
(348)

Préparation du contrôle des énergies par le MO (procédure de contrôle des énergies déterminé, matériel de cadenassage utilisé): (349)

Procédure de contrôle des énergies utilisée (cadenassage, alternative) : (350)

Suivi des travaux par le MO (vérification de l'application, continuité du contrôle des énergies, audit) : (351)

Fin des travaux (remise en service, archivage) : (352)

SYNTHÈSE - Organisation du type de chantiers 2

De manière générale, dans quelles mesures ces éléments en lien avec le contrôle des énergies sont présents sur ce type de chantiers?

Préparation : ⁽³²³⁾ Faite Limitée Inexistante

- Autorisation écrite du MO : (CSTC, art. 2.20.9) Oui Non
- Accueil et information sur les risques par le MO : (CSTC, art. 2.20.8) Oui Non
- Vérification de la formation des intervenants par le MO : (CSTC, art. 2.20.8) Oui Non
- Gestion de la coactivité par le MO : (CSTC, art. 2.20.10) Oui Non

Application : ⁽³²⁴⁾ Faite Limitée Inexistante

- Procédure de contrôle des énergies rédigées par le MO : (CSTC, art. 2.20.5) Oui Non
- Procédure accessible et à jour : (CSTC, art. 2.20.5) Oui Non
- Procédure appliquée par tous les intervenants impliqués : (CSTC, art. 2.20.3) Oui Non
- Planification des cadenas personnalisés et du matériel par le MO : (CSTC, art. 2.20.11) Oui Non
- Étapes impliquées dans les procédures de cadenassage : (CSTC, art. 2.20.6)
 - o Lecture de la procédure : Oui Non
 - o Arrêt : Oui Non
 - o Isolement : Oui Non
 - o Condamnation : Oui Non
 - o Dissipation/Blocage : Oui Non
 - o Vérification : Oui Non
- Dispositifs d'isolement codifiés, cadenassables, accessibles : Oui Non

Suivi : ⁽³²⁵⁾ Fait Limité Inexistant

- Consignation de l'application de la méthode de contrôle : Oui Non
- Procédure pour la continuité de la méthode de contrôle : Oui Non
- Procédure en cas d'oubli de cadenas : (CSTC, art. 2.20.12) Oui Non

B.IV Situations spécifiques au secteur de la construction / Divers

Facteurs extérieurs (40)	Quelle est l'influence des éléments suivants sur le contrôle des énergies dangereuses? <ul style="list-style-type: none">- Type de construction : résidentiel, commercial, industriel, génie civile (400)- Type de construction : neuve ou rénovation (401)- Type d'intervention : Appels de service ponctuels ou chantiers de longue durée (402)- Installations temporaires (403)- Coactivité entre divers corps de métier (404)
Suggestions pour améliorer le contrôle des énergies dangereuses (41)	
Divers (42)	