

Titre: Étude exploratoire des pratiques de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec
Title: dangerous in the construction sector in Québec

Auteur: Ayoub Nokra
Author:

Date: 2020

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Nokra, A. (2020). Étude exploratoire des pratiques de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie. <https://publications.polymtl.ca/5534/>
Citation:

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/5534/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Yuvin Adnarain Chinniah, & Damien Burlet-Vienney
Advisors:

Programme: Maîtrise recherche en génie industriel
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

**Étude exploratoire des pratiques de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la
construction au Québec**

AYOUB NOKRA

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Décembre 2020

© Ayoub Nokra, 2020.

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Étude exploratoire des pratiques de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec

présenté par **Ayoub NOKRA**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Mario BOURGAULT, président

Yuvain Adnarain CHINNIAH, membre et directeur de recherche

Damien BURLET-VIENNEY, membre et codirecteur de recherche

Firdaous SEKKAY, membre

DÉDICACE

À mes parents

REMERCIEMENTS

À travers ce mémoire, je remercie profondément mes directeurs de recherche, le professeur Yuvin Chinniah et le monsieur Damien Burlet-Vienney pour leurs conseils, leur soutien et leur accompagnement dès le début de ce projet.

Mes remerciements sont aussi adressés aux membres du jury pour avoir accepté de prendre de leur temps pour évaluer ce mémoire.

Je tiens à remercier aussi Monsieur Abdallah Ben Mosbah pour son aide, ses conseils et ses encouragements.

Je remercie aussi monsieur Gabriel Yan pour le temps consacré à la révision de ce document.

Je souhaite remercier aussi les agentes du département MAGI, spécifiquement Madame Suzanne Guindon et Madame Melisa Regalado pour leur aide et leur coopération.

Je n'oublie pas de remercier les travailleurs qui ont participé à cette étude malgré les contraintes de temps et de travail ainsi que l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (IRSST) pour le financement du projet.

Je voudrais remercier du fond du cœur mes parents et mes frères pour leur soutien depuis toujours et en toutes circonstances. Ce travail est un témoignage de mon affection.

Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, avec leur soutien, leurs conseils et leurs encouragements à mener à terme ce travail.

RÉSUMÉ

Le nombre élevé d'accidents mortels liés aux problèmes de contrôle des énergies dans le secteur de la construction au Québec et partout dans le monde est alarmant. Au Québec, le Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC) a connu un changement en 2016 afin d'ajouter certaines exigences réglementaires qui concernent le contrôle des énergies dangereuses dans ce secteur. Ces exigences ont été fondées sur la norme canadienne CSA-Z460-13 et elles sont équivalentes à celles du règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST).

L'ampleur des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses enregistrés dans ce secteur au Québec et les ajouts réglementaires récents au CSTC, ont initié cette étude dans l'optique de répondre aux questions de recherche suivantes :

- Quels sont les types et les causes des accidents graves liés aux problèmes de maîtrise des énergies dans le secteur de la construction?
- Comment la pratique de contrôle des énergies dans le secteur de la construction au Québec est-elle organisée?
- Quelles sont les contraintes et les difficultés liées au contrôle des énergies, rencontrées par les travailleurs dans cette industrie au Québec?
- Comment peut-on améliorer la pratique de cadenassage dans l'industrie de la construction au Québec?

Ces questions partent de l'hypothèse qui stipule que le contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction est assujéti à des contraintes spécifiques qui le distinguent des autres secteurs d'activités. Pour répondre à ces questions, une méthodologie composée de trois grandes parties a été adoptée.

La première partie a consisté à analyser la revue de littérature des études antérieures qui ont abordé le contrôle des énergies dans le secteur de la construction et dans d'autres types d'industries.

La deuxième partie a consisté à analyser les rapports d'enquête d'accidents graves et mortels causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec entre 1990-2017. Ces rapports d'enquête sont issus de la base de données de la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST). Sur un total de 1 646 rapports en 2018, 30 rapports d'enquêtes en lien avec la problématique ciblée ont été sélectionnés.

Les principaux résultats issus de l'analyse qualitative de ces rapports d'enquête sont :

- 27 décès et 5 blessés graves ont été recensés sur la période 1990-2017.
- Les travailleurs qui œuvrent dans le domaine électrique représentent la moitié de l'échantillon. Les électriciens sont la première catégorie de travailleurs pour le secteur résidentiel, commercial et industriel.
- 66 % des accidents ont été causés par un contact direct ou indirect avec une pièce sous tension. L'autre tiers des accidents a été dû au contact avec une pièce en mouvement.
- Gestion déficiente sur les chantiers :
 - ✓ Aucune procédure générale ou spécifique n'a été appliquée dans 90 % des cas.
 - ✓ La formation des travailleurs sur le cadenassage et le contrôle des énergies n'a été enregistrée que dans quatre entreprises sur les 30.

La troisième partie de la méthodologie a consisté à explorer le contrôle des énergies dans le secteur de la construction au Québec en réalisant 38 entrevues semi-dirigées entre mai 2018 et décembre 2019. Ces entrevues ont été menées en utilisant un questionnaire validé, abordant principalement le statut des participants, les types de travaux réalisés, les formations reçues sur le cadenassage, l'organisation du cadenassage sur les chantiers et leurs expériences dans la pratique du cadenassage. Cette étude a pris en compte quatre corps de métiers, à savoir : les électriciens, les frigoristes, les mécaniciens et les tuyauteurs. Les participants ont pu partager 95 expériences en lien avec le contrôle des énergies dangereuses sur divers types de chantiers (c-à-d, résidentiel, commercial/institutionnel et industriel). L'analyse de ces résultats a permis d'identifier et de documenter les facteurs qui ont une influence sur la pratique du cadenassage dans ce secteur, tels que : le type de chantier, le corps de métier, la conviction du travailleur, le niveau de supervision, le niveau d'exigence du maître d'œuvre, la coactivité, le type d'intervention, le niveau de risque, etc.

Bien que 89 % des participants aient suivi au moins une formation spécifique sur le cadenassage, seulement 18 % des participants étaient au fait de la mise à jour du CSTC concernant le contrôle des énergies dangereuses. Seuls 29 % des participants ont constaté un changement dans la pratique du contrôle des énergies au cours de leurs interventions suite aux changements réglementaires.

L'application du cadenassage diffère d'un type de chantier à un autre. Cette différence est due en premier lieu à la responsabilisation du maître d'œuvre (MO). Dans 80 % des expériences décrites pour les chantiers industriels, la méthode adoptée pour le contrôle des énergies est le cadenassage.

La responsabilisation du MO étant bien définie sur ces chantiers, les obligations du CSTC sont respectées comparativement aux chantiers résidentiels et aux petits chantiers commerciaux/institutionnels. Pour ces derniers chantiers, la détermination du MO est problématique, et par conséquent, l'attribution des rôles et des responsabilités associées reste ambiguë (ex. fourniture du matériel de cadenassage). Dans ce contexte, le travailleur décide de la méthode de contrôle des énergies qui, selon lui, est adaptée à sa situation. Selon, les données recueillies, le cadenassage est la méthode choisie dans seulement 25% des cas sur ce type de chantiers. Sur les chantiers résidentiels et les petits chantiers commerciaux/institutionnels, le contrôle des énergies se limite souvent à la mise hors tension et la vérification d'absence d'énergie ou le travail sous tension. Le recours à d'autres méthodes que le cadenassage pour le contrôle des énergies n'est pas assujéti à une analyse des risques tel qu'il est stipulé dans le CSTC. Les participants ont abordé plusieurs facteurs qui influencent leurs décisions quant au choix de la méthode appropriée pour contrôler les énergies, à savoir :

- Exigences du MO : Plus le niveau de supervision et le niveau d'exigence sont élevés plus les travailleurs ont tendance à utiliser le cadenassage.
- Planification préalable : Plus les travaux sont bien planifiés, plus le cadenassage fait partie de la tâche. Cela inclut la disponibilité du matériel pour le contrôle des énergies.
- Durée d'intervention : Plus les travaux sont de longues durées, plus les travailleurs recourent au cadenassage.
- Types d'énergie : La gravité des blessures en cas d'accident (ex. haute tension, vapeur, produits chimiques) est un incitatif à recourir à une méthode de contrôle structurée.
- Expérience du travail : La conviction, la perception des risques, les connaissances et les expériences en lien avec le contrôle des énergies influencent le niveau d'acceptabilité du risque pour l'intervenant.
- Coactivité : Les interventions dans le cadre de la coactivité sont incitatifs à un contrôle structuré des énergies (ex. cadenassage).

Les résultats de cette étude exploratoire ont permis de proposer plusieurs recommandations d'ordre organisationnel (c.-à-d. planification, formation, matériel de cadenassage, procédure de cadenassage, appréciation des risques) et des recommandations spécifiques à chaque corps de métier (c.-à-d. conception, dispositifs de coupure des énergies, etc.).

Finalement, le CSTC ne semble pas totalement adapté à la réalité du travail sur l'ensemble des types de chantiers au Québec. Ce code, tel qu'il a été précité, est calqué sur le RSST. Ce dernier aborde le contrôle des énergies dangereuses d'une façon standard notamment pour l'industrie manufacturière et, par conséquent, les spécificités du secteur de la construction n'ont pas été prises en considération. Cela rend l'application du CSTC difficile sur les chantiers moins structurés. Les entrevues avec les quatre corps de métiers nous ont d'ailleurs permis de confirmer la difficulté d'application de ce code sur le terrain, spécifiquement dans les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels. Les spécificités de ce secteur ainsi que les recommandations susmentionnées devraient être prises en compte dans le CSTC afin de faciliter son application sur le terrain. Il est à mentionner que cette étude est la première en son genre à explorer le cadenassage dans le secteur de la construction au Québec.

ABSTRACT

The high number of fatal accidents linked to energy control problems in the construction sector in Quebec and around the world is alarming. In Quebec, the Safety Code for the construction industry (CSTC) underwent a change in 2016 to add certain regulatory requirements concerning the control of hazardous energies in this sector. These requirements were based on the Canadian standard CSA-Z460-13 and they are equivalent to those of the Regulation respecting occupational health and safety (RSST). The scale of accidents caused by dangerous energy control problems recorded in this sector in Quebec and recent regulatory additions to the CSTC concerning lockout, initiated this study with the aim of answering the following research questions :

- What are the types and the causes of serious accidents linked to energy control problems?
- How the practice of energy control in the construction sector is organized in Quebec?
- What are the constraints and difficulties related to energy control encountered by workers in this industry in Quebec?
- How can we improve the practice of lockout in the construction industry in Quebec?

These questions start from the assumption that the control of hazardous energy in the construction sector is subject to specific constraints that distinguish it from other sectors of activity. To answer these questions, a methodology composed of three main parts was adopted.

The first part consisted of analyzing the literature review of previous studies which addressed the control of energies in the construction sector and in other types of industries.

The second part consisted in analyzing the serious and fatal accident investigation reports caused by problems related to the control of hazardous energies in Quebec for the period 1990-2017. These investigation reports come from the database of the Commission des normes, de l'équité de la santé et de sécurité au travail (CNESST). Out of a total of 1,646 reports in 2018, 30 investigation reports related to the targeted issue were selected.

The main results from the qualitative analysis of the investigation reports are:

- 27 deaths and 5 serious injuries were recorded over the period 1990-2017.
- Workers working in the electrical field represent half of the sample. Electricians are the first category of workers for the residential, commercial and industrial sector.

- 66% of accidents were caused by direct or indirect contact with a live part. The other third of accidents were due to contact with a moving part.
- Poor management on construction worksites :
 - ✓ No general or specific procedure was applied in 90% of cases.
 - ✓ Worker's training on lockout and energy control was only recorded in four of the 30 companies.

The third part of the methodology consisted in exploring the control of energy in the construction sector in Quebec by carrying out 38 semi-structured interviews between May 2018 and December 2019. These interviews were conducted using a validated questionnaire, mainly addressing the status of participants, the types of work carried out, the training received on lockout, the organization of lockout on construction worksites and their experiences in the practice of lockout. This study considered four trades, namely : electricians, refrigerationists, mechanics and pipefitters. The participants were able to share 95 experiences related to the control of hazardous energies in various types of construction worksites (residential, commercial / institutional and industrial). The analysis of these results made it possible to identify and document the factors that have an influence on the practice of lockout in this sector, such as: the type of worksite, the trade, the conviction of the worker, the level of supervision, the level of requirement of the main contractor, co-activity, type of intervention, level of risk

Although 89% of the participants took at least one specific training on lockout, only 18% of the participants were aware of the CSTC update concerning the control of hazardous energies. Only 29% of participants noticed a change in the practice of energy control during their interventions following regulatory changes.

The application of lockout differs from one type of worksite to another. This difference is due, firstly, to the responsibility of the main contractor. In 80% of the experiments described for industrial worksites, the method adopted for energy control is lockout.

The responsibility of the main contractor is well defined in these worksites, the obligations of the CSTC are more respected compared to residential worksites and small commercial/institutional worksites. For these latter worksites, determining the main contractor is problematic, and therefore, the allocation of roles and associated responsibilities, remains ambiguous (e.g. the supply of

lockout equipment). In this context, the worker decides on the method of energy control which, according to him, is suitable for his situation. According to the data collected, lockout is the method chosen in only 25% of cases on this type of worksites.

On residential and small commercial/institutional worksites, the control of energies is often limited to turning off the power and checking for no power or working undervoltage. The use of methods other than lockout for energy control is not subjected to a risk analysis as stipulated in the CSTC. Participants discussed several factors that influence their decisions about choosing the appropriate method to control energies, namely :

- Main contractor requirements : The higher the level of supervision and the level of requirement, the more workers tend to lockout.
- Advance planning : The more well the work is planned in advance, the more lockout is part of the task. This includes the availability of equipment for the control of energies
- Duration of intervention : The longer the work lasts, the more workers use lockout.
- Types of energy : The severity of injuries in case of accident (e.g. high voltage, steam, chemicals) is an incentive to use a structured control method.
- Work experience : Conviction, risk perception, knowledge and experience in energy control influence the level of risk acceptable to the worker.
- Co-activity : Interventions within the framework of dependent co-activity are incentives for structured control of energies (e.g. lockout).

The results of this exploratory study allowed us to propose several organizational recommendations (design, planning, training of lockout equipment, lockout procedure, risk assessment) and recommendations depending on each trade and each type of worksite.

Finally, The CSTC does not seem fully adapted to the reality of work on all types of construction worksites in Quebec. This code, as mentioned above, is modeled on the Regulation respecting occupational health and safety (RSST). The latter approaches the control of hazardous energies in a standard way, particularly for the manufacturing industry and, therefore, the specificities of the construction sector have not been considered. This makes the application of the CSTC difficult in less structured worksites. Interviews with the four trades enabled us to confirm the difficulty of applying this code in the field, specifically in residential and commercial/institutional worksites.

The specificities of this sector as well as the aforementioned recommendations must be considered in the CSTC in order to facilitate its application in the field. It should be mentioned that this study is the first of its kind to explore lockout in the construction sector in Quebec.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT.....	IX
TABLE DES MATIÈRES	XIII
LISTE DES TABLEAUX	XVI
LISTE DES FIGURES	XVIII
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XIX
LISTE DES ANNEXES	XXI
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 L'industrie de la construction au Québec.....	1
1.1.1 Informations générales sur le secteur de la construction.....	1
1.1.2 L'industrie de la construction : un secteur à risques	4
1.2 Contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec	6
1.2.1 La réglementation au Québec	6
1.2.2 Motivation d'une étude sur le secteur de la construction	10
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE.....	12
2.1 Méthodologie d'analyse de la revue de littérature.....	12
2.2 Cadenassage hors secteur de la construction.....	13
2.2.1 Genres d'accidents	13
2.2.2 Corps de métier	14
2.2.3 Types d'activités	15
2.2.4 L'application du cadénassage	16
2.2.5 Lacunes identifiées de la littérature.....	18

2.3	Cadenassage dans le secteur de la construction.....	19
2.3.1	Spécificités du secteur de la construction.....	19
2.3.2	Accidents liés aux problèmes de maîtrise des énergies dangereuses dans l'industrie de la construction	20
2.4	Réglementation, normes et guides	27
2.5	Taille de l'entreprise	29
2.6	Les facteurs humains.....	30
2.7	La formation	32
2.8	Importance d'application du cadenassage.....	34
2.9	Synthèse.....	34
2.9.1	Lacunes issues de la littérature étudiée	36
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE		37
3.1	Questions de recherche.....	37
3.2	Hypothèse	37
3.3	Objectif général.....	37
3.4	Objectifs spécifiques	38
3.5	Méthodologie de l'analyse des accidents	38
3.5.1	Définition des critères de choix et tri des rapports.....	39
3.5.2	Analyse et synthèse des résultats	39
3.6	Méthodologie de l'étude exploratoire du cadenassage dans le secteur de la construction	40
3.6.1	Développement, test et validation du questionnaire	41
3.6.2	Échantillonnage et recrutement des participants.....	41
3.6.3	Réalisation des entrevues et collecte des données	43
3.6.4	L'analyse des données et la compilation des résultats	46

CHAPITRE 4	RÉSULTATS	47
4.1	Résultats de l'analyse des accidents.....	47
4.2	Pratiques de cadenassage : résultats des entrevues	52
4.2.1	Caractéristiques de l'échantillon étudié	52
4.2.2	Gestion du contrôle des énergies dangereuses.....	59
4.2.3	Expériences des participants dans le contrôle des énergies sur les chantiers	68
4.2.4	Synthèse des résultats	81
CHAPITRE 5	DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS	87
5.1	Contributions de la recherche	87
5.1.1	Recommandations organisationnelles	88
5.2	Recommandations spécifiques à chaque corps de métier	91
5.2.1	Frigoristes	91
5.2.2	Mécaniciens	91
5.2.3	Électriciens	91
5.2.4	Tuyauteurs	92
5.3	Les limites de la recherche	92
5.4	Les avenues de recherche	93
CHAPITRE 6	CONCLUSION	94
RÉFÉRENCES.....	96
ANNEXES.....	105

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 Statistiques générales relatives au secteur de la construction.....	5
Tableau 1.2 Thèmes abordés dans le code de sécurité pour les travaux de construction.....	8
Tableau 2.1 Grille d'analyse des documents qui abordent le cadenassage	13
Tableau 2.2 Coûts cités en lien avec les accidents dus aux problèmes de contrôle des énergies ..	26
Tableau 2.3 Statistiques d'accidents selon les tranches d'âge	33
Tableau 2.4 Synthèse des principaux facteurs issus de la littérature.....	35
Tableau 3.1 Grille d'analyse des rapports d'accidents avec un exemple	39
Tableau 4.1 Nombre de victimes en fonction des types de contrats pour chaque type de chantier	47
Tableau 4.2 Situations accidentelles et types d'accidents.....	48
Tableau 4.3 Exemples des types d'accidents issus des rapports d'accidents analysés.....	49
Tableau 4.4 Existence d'une procédure de maîtrise des énergies	50
Tableau 4.5 Application d'une méthode de travail adéquate	51
Tableau 4.6 Formation des travailleurs sur le contrôle des énergies dangereuses.....	51
Tableau 4.7 Rôle occupé par corps de métier	52
Tableau 4.8 Statut des participants.....	53
Tableau 4.9 Ancienneté des participants par corps de métier.....	54
Tableau 4.10 Type de chantier et type de construction où les participants ont été impliqués par corps de métier	54
Tableau 4.11 Nombre de formations reçues sur le cadenassage	55
Tableau 4.12 Raisons de la formation reçue.....	56
Tableau 4.13 Connaissances de la réglementation par corps de métier	59
Tableau 4.14 Circonstances d'application du cadenassage	62
Tableau 4.15 Jugement de la pratique du cadenassage	62

Tableau 4.16 Type d'équipement nécessitant le cadenassage et type d'énergie impliquée pour chaque corps de métier.....	63
Tableau 4.17 Activités les plus fréquentes impliquées dans la maîtrise des énergies.....	64
Tableau 4.18 Quelques méthodes alternatives au cadenassage utilisées.....	66
Tableau 4.19 Audit de la pratique de cadenassage.....	67
Tableau 4.20 Nombre d'expériences réparties par type de chantier et par corps de métier	68
Tableau 4.21 Expériences abordées par les électriciens en fonction des types de chantiers.....	69
Tableau 4.22 Facteurs abordés par les électriciens	71
Tableau 4.23 Expériences décrites par les frigoristes en fonction des types de chantiers	73
Tableau 4.24 Facteurs abordés par les frigoristes quant au choix de la méthode de contrôle des énergies	74
Tableau 4.25 Expériences décrites par les mécaniciens en fonction des types de chantiers partagés	76
Tableau 4.26 Expériences décrites par les tuyauteurs en fonction des types de chantiers.....	77
Tableau 4.27 Facteurs décrits par les tuyauteurs	79
Tableau 4.28 Synthèse des expériences décrites par les participants selon le type de chantier et le corps du métier	81
Tableau 4.29 Synthèse des facteurs qui influencent le choix de la méthode de contrôle, abordés par les participants	83

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Principales étapes de cadenassage (adaptée de la norme CSA Z460-13, 2013)	7
Figure 3.1 Étapes d'analyse des rapports d'accidents	38
Figure 3.2 Méthodologie adoptée pour la réalisation de l'étude exploratoire.....	41
Figure 3.3 Le processus de déroulement de l'entrevue	45
Figure 4.1 Diagramme causes-effets des facteurs influant sur le choix de la méthode de contrôle des énergies dangereuses selon les participants	86

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ASP	Association sectorielle paritaire
ANSI	American National Standard Institute
ASSE	American society of safety engineers
BTP	Bâtiment et travaux publics
CCDP	Classification canadienne descriptive des professions
CCQ	Commission de la construction du Québec
CMEQ	Corporation des maîtres électriciens du Québec
CETAF	Corporation des entreprises de traitement de l'air et du froid
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
CNP	Classification nationale des professions
CSA	Canadian Standards Association
CSTC	Code de sécurité pour les travaux de construction
DEP	Diplôme d'études professionnelles
EPI	Équipement de protection individuelle
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
ISQ	Institut de la statistique du Québec
LSST	Loi sur la santé et la sécurité du travail
MO	Maître d'œuvre
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PIB	Produit intérieur brut
RSST	Règlement sur la santé et la sécurité du travail

SST	Santé et sécurité au travail
5M	Matière, matériel, main-d'œuvre, méthode, milieu

LISTE DES ANNEXES

Annexe A Questionnaire.....	105
Annexe B Formulaire de consentement.....	115

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Au cours de ce chapitre, une introduction au secteur de la construction sera proposée, ensuite, une présentation des principales définitions qui seront discutées au cours du document sera abordée.

1.1 L'industrie de la construction au Québec

L'industrie de la construction est le secteur qui regroupe le plus grand nombre d'employés dans le monde. Il compte aussi le plus grand nombre d'accidents (Bust et al., 2008). Ce constat est lié à la nature et à la diversité des travaux exécutés ainsi qu'à la complexité des risques encourus par les travailleurs de ce secteur. L'envergure de cette industrie est traduite par sa contribution économique qui a atteint au Québec, 48,1 milliards de dollars de dépenses d'investissements en 2019, ce qui représente 6 % du PIB québécois avec 177 millions d'heures travaillées par 175 893 salariés (CCQ, 2019; Statistiques Canada, 2019). En Europe, ce secteur contribue à 9 % du PIB et génère 18 millions d'emplois selon la Commission européenne (European Commission, 2020).

1.1.1 Informations générales sur le secteur de la construction

Les chantiers de construction au Québec sont classés en quatre types, tels que la loi sur les relations du travail, la formation professionnelle et la gestion de la main-d'œuvre dans l'industrie de la construction les a définis (Gouvernement du Québec, 2018a) :

- **Secteur résidentiel** : le secteur de la construction de bâtiments ou d'ensembles de bâtiments contigus, y compris les installations et les équipements physiquement rattachés ou non à ces bâtiments, dont au moins 85 % de la superficie, excluant celle de tout espace de stationnement, est réservée à l'habitation et dont le nombre d'étages au-dessus du sol, excluant toute partie de sous-sol et vu de toute face du bâtiment ou de l'ensemble de bâtiments, n'excède pas six dans le cas de bâtiments neufs ou huit dans les autres cas. (Gouvernement du Québec, 2018a, page 6)
- **Secteur institutionnel et commercial** : le secteur de la construction de bâtiments, y compris les installations et les équipements physiquement rattachés ou non à ces bâtiments, réservés principalement à des fins institutionnelles ou commerciales ainsi que toute construction qui ne peut être comprise dans les secteurs résidentiel, industriel ou génie civil et voirie. (Gouvernement du Québec, 2018a, page 6)
- **Secteur industriel** : le secteur de la construction de bâtiments, y compris les installations et les équipements physiquement rattachés ou non à ces bâtiments, réservés principalement à la réalisation d'une activité économique par

l'exploitation des richesses minérales, la transformation des matières premières et la production de biens ; (Gouvernement du Québec, 2018a, page 6)

- **Secteur génie civil et voirie** : le secteur de la construction d'ouvrages d'intérêt général d'utilité publique ou privée, y compris les installations, les équipements et les bâtiments physiquement rattachés ou non à ces ouvrages, notamment la construction de routes, aqueducs, égouts, ponts, barrages, lignes électriques et gazoducs. (Gouvernement du Québec, 2018a, page 5)

Le bon déroulement de la réalisation d'un projet dans le secteur de la construction nécessite au moins la participation des intervenants suivants :

- **Maître d'œuvre** : Le propriétaire ou la personne qui, sur un chantier de construction, a la responsabilité de l'exécution de l'ensemble des travaux » (Gouvernement du Québec, 2018b)
- **Entrepreneur général** : Un entrepreneur est une personne qui, pour autrui, exécute ou fait exécuter des travaux de construction ou fait ou présente des soumissions, personnellement ou par personne interposée, dans le but d'exécuter ou de faire exécuter, à son profit, de tels travaux. Un entrepreneur peut être une personne physique, une société ou une personne morale. Pour exercer ses fonctions, l'entrepreneur doit détenir une licence sur laquelle sont indiquées les catégories et sous-catégories appropriées aux travaux envisagés. » (Régie du bâtiment du Québec, 2018)
- **Sous-traitant** : Toute personne avec qui le fournisseur ou un autre sous-traitant conclut un sous-contrat en lien avec le contrat, visant notamment l'exécution de services ou de travaux, la fourniture ou la fabrication de matériaux ou de matériel, ou tout autre service, incluant un service professionnel. Ne peut être considéré un sous-contractant, tout membre ou personne faisant partie d'une co-entreprise attributaire du contrat. (Hydro-Québec, 2017)

Notre étude a visé quatre corps de métiers. Ce choix a été basé sur le fait que ces groupes de travailleurs sont les plus impliqués dans les accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction, en plus du fait que le contrôle des énergies fait partie de leurs activités quotidiennes (CPQMCI, 2020; Gouvernement du Québec, 2020). Ces quatre corps de métier sont définis par la Commission de la construction du Québec (CCQ) comme suit :

Électricien : « toute personne qui fait des travaux de construction, de réfection, de modification, de réparation et d'entretien d'installations électriques pour fins d'éclairage, de chauffage et de force motrice, y compris dans tous les cas les fils, câbles, conduits, accessoires, dispositifs et appareils électriques formant partie de l'installation elle-même et y étant reliés au raccordement de l'installation au réseau du service public ou du service municipal l'alimentant, lequel point de raccordement est au mur de l'édifice ou du bâtiment le plus rapproché de la ligne du service public. » (Gouvernement du Québec, 2020).

Frigoriste « toute personne qui fait, dans un bâtiment ou construction, à l'exclusion des travaux d'aqueduc et d'égout et leurs embranchements, les travaux d'installation, de réfection, de modification, de réparation ou d'entretien des systèmes de réfrigération d'une capacité d'au moins 1/4 c.v. comprenant la tuyauterie, les appareils, accessoires et autres appareillages nécessaires à la distribution des fluides et à la production du froid par ces systèmes ». (Gouvernement du Québec, 2020).

Mécanicien de chantier : « toute personne qui:

- a) fait l'installation, la réparation, le réglage, le montage, le démontage et la manutention de la machinerie, y compris celle se rapportant aux allées de quilles; de convoyeurs et d'équipements installés de façon permanente; de portes automatiques et accessoires; de planchers ajustables pour recevoir la machinerie;
- b) fabrique des gabarits pour cette machinerie et ces équipements. » (Gouvernement du Québec, 2020).

Mécanicien d'ascenseur : « toute personne qui fait l'installation, la réfection, la modification, la réparation et l'entretien d'un système de déplacement mécanisé, composé d'appareils, d'accessoires et autres appareillages, tels que les ascenseurs, monte-charge, escalators, échafauds volants, monte-pente, monte-plats, plateaux amovibles sur scènes de théâtre, trottoirs mouvants et autres appareils similaires généralement utilisés ou utilisables, pour le transport de personnes, d'objets ou de matériaux. »(Gouvernement du Québec, 2020).

Tuyauteur : « toute personne qui fait dans un bâtiment ou construction, à l'exclusion des travaux d'aqueduc et d'égout et leurs embranchements, les travaux d'installation, de réfection, de modification, de réparation ou d'entretien des systèmes compris dans l'une ou l'autre des spécialités suivantes :

1. Spécialité du plombier: Relèvent de la spécialité du plombier :

- a) les systèmes de plomberie, à savoir :
 - i. la tuyauterie, les appareils, accessoires et autres appareillages nécessaires à l'alimentation en fluides de ces systèmes;
 - ii. la tuyauterie, les appareils, accessoires et autres appareillages utilisés pour le drainage, l'égouttement et l'arrière-ventilation de siphons dans ces systèmes;
- b) la tuyauterie, les appareils et accessoires utilisés dans les installations telles que raffineries de pétrole, pompes à essence, lignes d'air, pipelines et arrosage.

2. Spécialité du poseur d'appareils de chauffage : Relèvent de la spécialité de poseur d'appareils de chauffage :

- a) les systèmes de chauffage et de combustion comprenant la tuyauterie, les appareils, accessoires et autres appareillages nécessaires à la distribution des fluides et/ou à la production de la force motrice ou de la chaleur par ces systèmes;

b) la tuyauterie, les appareils et accessoires utilisés dans les installations telles que raffineries de pétrole, pompes à essence, lignes d'air, pipelines et arrosage. » (Gouvernement du Québec, 2020).

Pour avoir accès aux chantiers, il est nécessaire de détenir une attestation du cours « Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction » délivrée par l'association sectorielle paritaire ASP construction. Il s'agit d'une formation de plusieurs jours dont la réussite est conditionnée par un examen théorique à la fin de la formation. Les nouveaux travailleurs débutent leur carrière par le grade d'apprenti. Ce dernier doit travailler sous la tutelle d'un compagnon qui l'accompagne, le guide et le supervise durant cette phase d'apprentissage. Après le cumul d'un certain nombre d'heures de travail, dépendamment de chaque spécialité et la réussite de l'examen, l'apprenti peut passer au grade de compagnon. Ce dernier peut avoir la responsabilité du contremaître (Gouvernement du Québec, 2020).

1.1.2 L'industrie de la construction : un secteur à risques

La construction est l'une des causes majeures de décès associés au travail dans la plupart des pays incluant le Canada, l'Australie, la Chine, l'Inde, l'Espagne, les États-Unis et la Nouvelle-Zélande (Kim et al., 2016b). La nature et la complexité des projets de construction imposent aux travailleurs de ce secteur de faire face à de nombreux risques (ex. : chute, électricité, équipement en mouvement, produits chimiques) (IHSA, 2016). Le nombre élevé et la gravité des accidents enregistrés dans ce secteur ont poussé plusieurs chercheurs à les étudier. Les statistiques exposées au Tableau 1.1 montrent l'ampleur des accidents enregistrés dans cette industrie à l'échelle mondiale.

Tableau 1.1 Statistiques générales relatives au secteur de la construction

Pays	Année	Statistiques	Références
Canada	2018	La construction a enregistré 199 décès, occupant ainsi le premier rang en termes de nombre de décès enregistrés parmi les autres secteurs d'activités.	(Association des commissions des accidents du travail du Canada, 2018a)
États-Unis	2018	1008 accidents mortels ont été enregistrés dans l'industrie de la construction en 2018, ce qui l'a classée au premier rang en termes d'accidents mortels comparativement aux autres secteurs d'activités.	(Bureau of Labor Statistics, 2018).
France	2016	Le secteur BTP a été classé premier en termes de nombres d'accidents de travail dus au contact (direct ou indirect) avec l'électricité.	(Institut national de recherche et de sécurité INRS, 2018)
Australie	2013-2016	L'industrie de la construction a été classée troisième en termes de nombre de décès (31 par an soit 16 %).	(Safe work Australia, 2018)
Japon	1959-2003	Près de 60 % des décès causés par l'électricité sont survenus dans ce secteur.	(Ichikawa, 2016)

Les statistiques susmentionnées permettent de conclure que l'industrie de la construction est classée première en termes de nombre de décès par rapport aux autres secteurs dans plusieurs pays et représente donc un secteur à risques. Cette tendance peut être due aux spécificités qui caractérisent cette industrie.

Au Québec, en 2019, la CNESST a accepté un total de 8234 dossiers de lésions professionnelles et a enregistré 55 décès dans ce secteur, accidents de travail et maladies professionnelles compris. Cela représente 28,9 % des décès professionnels enregistrés au total cette année-là (Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST, 2019).

Toujours au Québec, 4 500 accidents dus au dégagement intempestif de l'énergie sont comptabilisés annuellement, tous secteurs confondus. Le secteur de la construction compte

pour 7,5 % de ces accidents alors qu'il représente 4 % de la population en emploi au Québec (CNESST, 2015a; Institut de la Statistique du Québec ISQ (2019). Ces accidents coûtent en moyenne 7 524 \$ dans cette industrie, avec un total des frais d'indemnisation qui atteint annuellement 2 539 350 \$ et 38 jours d'absence en moyenne, sans compter les frais des accidents mortels (CNESST, 2015).

Entre 2010 et 2014, les corps de métiers suivants figurent parmi les professions les plus exposées aux accidents dans le secteur de la construction au Québec, après les charpentiers en charpentes de bois et travailleurs assimilés et les manœuvres et travailleurs assimilés du bâtiment (Boucher et al., 2017) :

- 377 accidentés sont des électriciens d'installation et d'entretien (Classification canadienne descriptive des professions (CCDP) : 8 873), soit 58,8 % des cas enregistrés pour cette profession tous secteurs confondus et 74,6 % des débours par la CNESST pour cette profession.
- 356 tuyauteurs, plombiers et travailleurs assimilés (CCDP : 8791) ont été victimes d'accidents, soit 66,2 % des cas enregistrés pour cette profession tous secteurs confondus et 75,1 % de débours par la CNESST pour cette profession.

Les genres d'accidents les plus communs au cours de cette période sont « les chutes niveau inférieur et sauts » (17,1 %), « frappé par » (11,9 %) et « coincé ou écrasé » (9,9 %) (Boucher et al., 2017).

1.2 Contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec

1.2.1 La réglementation au Québec

Selon le Code de sécurité pour les travaux de construction (CSTC), qui définit les exigences réglementaires en matière de santé et de sécurité du travail (SST) dans ce secteur au Québec, la méthode de contrôle des énergies dangereuses à privilégier est le cadenassage. Il est défini dans le CSTC (2020) comme suit :

« 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 ».

La norme canadienne CSA-Z460-13 « Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes » (CSA, 2013) et le CSTC (2020) définissent les principales étapes pour le contrôle des énergies dangereuses (Figure 1.1) :

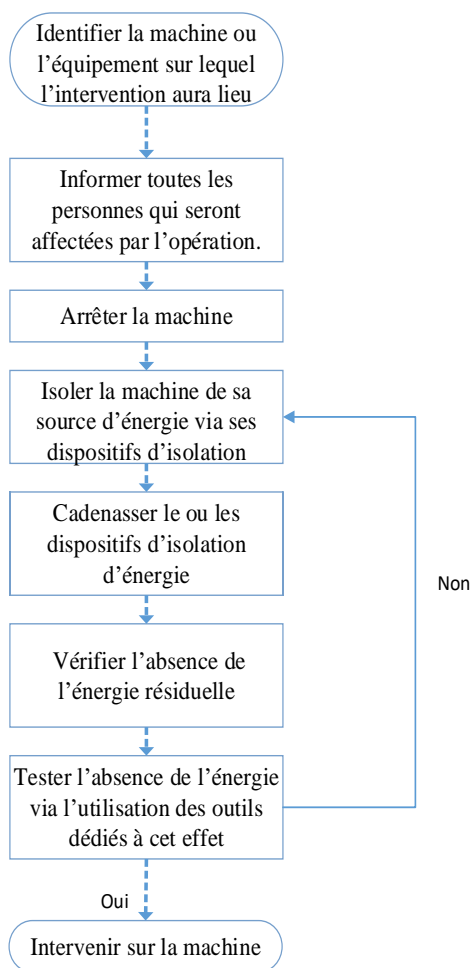


Figure 1.1 Principales étapes de cadenassage (adaptée de la norme CSA Z460-13, 2013)

Au Québec, le CSTC n'abordait pas ce sujet avant 2016. Ainsi, cela faisait que les professionnels du secteur n'avaient pas un règlement bien défini qui exigeait l'application de cette pratique au cours de leurs interventions. Seul le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST), qui s'applique aux établissements, contenait les articles 185 et 186 qui traitaient le cadenassage d'une façon générale. Il a fallu attendre jusqu'en janvier 2016 pour que les articles qui organisent la pratique du cadenassage sur les chantiers de la construction entrent en vigueur (articles s.2.20). Cet ajout est calqué sur celui du RSST. Cette nouvelle partie introduite au code est basée sur la norme canadienne CSA Z-460-13 (CSA, 2013) qui constitue la référence pour le cadenassage, mais sans

portée réglementaire. La nouvelle partie du code sur le contrôle des énergies traite les aspects présentés dans le Tableau 1.2.

Tableau 1.2 Thèmes abordés dans le code de sécurité pour les travaux de construction

Thème	Article
Définitions	4 définitions : cadenassage, cléage unique, méthode de contrôle des énergies et zone dangereuse §2.20.1
Champ d'application : définition des types de travaux nécessitant ou non le cadenassage	Montage, installation, ajustement, inspection, décoinçage, réglage, mise hors d'usage, entretien, désassemblage, nettoyage, maintenance, remise à neuf, réparation, modification ou déblocage §2.20.2
Les personnes obligées d'effectuer le cadenassage	Les personnes ayant accès à la zone dangereuse d'une machine §2.20.3
Dans le cas de recours à des méthodes de contrôle des énergies autres que le cadenassage	Identifier la machine et ses caractéristiques afin de déterminer les risques qui y sont associés puis estimer la gravité et la fréquence de chaque risque identifié pour définir les moyens de prévention adéquats §2.20.4
Responsabilités du maître d'œuvre Gestion des procédures	Le maître d'œuvre doit s'assurer de la présence et de l'application des procédures qui gèrent le contrôle des énergies dangereuses §2.20.5
Contenu de procédure de contrôle des énergies dangereuses	Identifier la machine et assigner les rôles et les tâches aux personnes intervenantes, identifier les points de coupure, définir la nature et la quantité du matériel de cadenassage nécessaire, appliquer la procédure de cadenassage §2.20.6
Étapes du cadenassage	<ul style="list-style-type: none"> - Arrêter et désactiver la machine ou l'équipement - Maîtriser l'énergie résiduelle - Appliquer les cadenas sur les points de coupures de l'énergie - Vérifier la fiabilité du cadenassage appliqué - Décadenasser et remettre l'équipement en service §2.20.7

Tableau 1.2 Thèmes abordés dans le code de sécurité pour les travaux de construction
(suite et fin)

Thème	Article
Responsabilités du maître d'œuvre concernant la vérification de la formation et de l'information des travailleurs concernés	Les personnes qui doivent intervenir dans la zone dangereuse doivent recevoir la formation adéquate sur les risques associés aux travaux qui leurs sont confiés et sur les mesures de prévention spécifiques §2.20.8
Cas de la sous-traitance : partage des responsabilités. Obligation de fournir d'une autorisation écrite par le maître d'œuvre avant le début des travaux	Le sous-traitant doit avoir une autorisation écrite du maître d'œuvre avant de travailler dans la zone dangereuse. Le maître d'œuvre doit s'assurer que le sous-traitant appliquera une procédure conforme au CSTC. §2.20.9
Coordination du travail par le maître d'œuvre : Définition des rôles et des moyens de communication, vérification de l'application de contrôle des énergies	La coordination lors d'une intervention de plusieurs sous-contractants dans la même zone de travail est sous la responsabilité du maître d'œuvre §2.20.10
Responsabilités du maître d'œuvre par rapport à la fourniture du matériel de cadenassage.	Le maître d'œuvre est dans l'obligation de fournir le matériel nécessaire à ses sous-contractants tant qu'il est le responsable du cadenassage. Dans le cas contraire, c'est le travailleur autonome ou le responsable de l'entreprise sous-contractante qui doit fournir le matériel §2.20.11
Procédures spécifiques : oubli du cadenas, perte de clé	En cas d'oubli de cadenas, le maître d'œuvre a le droit de couper le cadenas à condition d'en informer son propriétaire et d'avoir son accord. Chaque opération de coupe devra être enregistrée §2.20.12

Cette nouvelle partie du code est venue combler les lacunes existantes dans le CSTC en termes de contrôle des énergies dangereuses dans cette industrie, en déterminant les rôles et les responsabilités des divers intervenants sur les chantiers, et en définissant les aspects organisationnels de cette pratique tels que la gestion des procédures, la fourniture du matériel,

des procédures spécifiques, la formation et la coordination entre les intervenants, ainsi que les aspects techniques, à savoir, la procédure du cadenassage et le recours aux méthodes alternatives (CSTC, 2020).

Bien que des méthodes alternatives de contrôle des énergies dangereuses existent, le cadenassage reste la méthode à privilégier par le CSTC. La CNESST (2015) a également mentionné que l'application du cadenassage pourra éviter sept décès annuellement au Québec dont deux dans le secteur de la construction.

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

Au Québec, plusieurs études ayant traité les divers aspects du contrôle des énergies dangereuses, soit en termes de développement des outils de gestion de procédures de cadenassage ou en termes d'analyse des procédures et des pratiques existantes, ont eu lieu pour des secteurs d'activités autres que la construction, à savoir :

- Le secteur municipal (Burlet-Vienney, 2011; Burlet-Vienney et al., 2017; Chinniah et al., 2012).
- Le secteur manufacturier (Chinniah, 2015; Chinniah et al., 2019; Chinniah et al., 2008).
- Le secteur des forêts et des scieries (Poisson et al., 2015; Poisson & Chinniah, 2016; Poisson, Chinniah, et al., 2016).

Ces études sont abordées plus en détail à la section 2.1. Le secteur de la construction n'a pas été exploré spécifiquement. Pourtant, cette industrie présente plusieurs éléments importants qui pourraient justifier une étude approfondie, à savoir :

- Le nombre élevé et la gravité des accidents enregistrés
- La mise à jour du CSTC
- Les spécificités du secteur (cf. 2.3.1)
- Les types des chantiers, la nature des travaux et des équipements spécifiques utilisés
- L'importance accordée au contrôle des énergies dans le secteur de la construction par la CNESST à travers ses programmes et ses formations sur ce volet (Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST, 2017a) et par l'ASP construction par le biais de ses publications et de ses formations assurées (ASP Construction, 2017). Il y a

aussi la Corporation des maîtres électriciens du Québec (CMEQ) avec un programme de prévention dédié (CMEQ, 2017). Tous ces éléments ont motivé une étude exploratoire sur le contrôle des énergies dans le secteur de la construction au Québec.

À travers les éléments précités, une étude sur le contrôle des énergies dangereuses dans l'industrie de la construction s'avère nécessaire, pour déterminer les causes principales de la survenue des accidents graves et mortels causés par des problèmes de contrôle des énergies dans cette industrie au Québec, et d'explorer l'environnement de travail dans ce secteur, afin d'analyser les causes et les facteurs qui entravent l'application du contrôle des énergies dangereuses durant les divers types d'interventions, et cela, à travers, l'analyse de la revue de littérature, l'analyse des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies et la réalisation d'une série d'entrevues avec divers corps de métier, qui contrôlent des énergies dangereuses dans le cadre de leurs interventions quotidiennes.

Dans ce qui suit, une revue de littérature sur le contrôle des énergies dans le secteur de la construction sera présentée, suivie des problématiques et des objectifs de cette étude au deuxième chapitre. La méthodologie adoptée pour atteindre ces objectifs sera détaillée au troisième chapitre. Les résultats de notre étude seront exposés au quatrième chapitre. Ensuite, des recommandations seront mises en exergue dans le cinquième chapitre. Enfin, une conclusion du mémoire sera élaborée au sixième chapitre.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

L'objectif de cette revue de littérature est de recenser et d'analyser les travaux en lien avec le contrôle des énergies dans le secteur de la construction, afin de déterminer les lacunes et les tendances de cette pratique dans cette industrie. Cette revue synthétise le contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction et ailleurs, en analysant les principales études qui abordent les aspects techniques, réglementaires, normatifs et organisationnels, ainsi que les statistiques liées aux genres d'accidents, types d'énergies, types d'équipements impliqués dans les accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies.

2.1 Méthodologie d'analyse de la revue de littérature

La réalisation de la revue abordée dans le chapitre précédent a été basée sur la consultation et l'analyse de plusieurs types de documents sur la période 1993-2020, à savoir : articles scientifiques, articles de conférences, livres, articles de magazines, thèses, rapports de recherche, normes, rapports statistiques, règlements, guides de prévention, rapports d'investigations, reportages et manuels de sécurité. Ces documents ont été répartis dépendamment de leur contenu et ont été classifiés aussi selon les objectifs principaux abordés dans chaque document, en particulier : analyses statistiques des accidents, évaluation des risques, investigations.

Le recensement des documents a été réalisé à l'aide des bases de données : Compendex, Inspec, Knovel, CCHST, Google scholar, PUBMED, NTIS, OSH Update, ISST, ICONDA, CCHST, le site web de la bibliothèque de Polytechnique de Montréal, le centre de documentation de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en Sécurité du travail (IRSST), la Bibliothèque et Archives nationales du Québec (BANQ) en utilisant les mots-clés suivants : cadenassage, construction, chantier, contrôle des énergies, méthode alternative, lockout, tagout, alternative methods, dangerous energies. L'analyse de ces documents a été réalisée à travers la grille d'analyse présentée dans le Tableau 2.1.

Tableau 2.1 Grille d'analyse des documents qui abordent le cadenassage

Titre du document	Document 1	Document 2	...	Document n
Nature du document				
Source du document				
Année				
Corps de métier				
Source d'énergie				
Type d'équipement				
Type du contenu				
Objectif principal du document				
Résumé				
...				

2.2 Cadenassage hors secteur de la construction

Avant d'aborder spécifiquement le secteur de la construction, il est intéressant de revenir sur les études qui ont abordé le contrôle des énergies dans des secteurs tels que l'industrie manufacturière, minière, affaires municipales, etc., où le contrôle des énergies dangereuses constitue une problématique, tout comme l'est en construction.

2.2.1 Genres d'accidents

Au Canada, l'exposition à l'énergie électrique a causé 292 accidents avec pertes de temps en 2018, dont 60 dans le secteur manufacturier, le classant ainsi en deuxième position après l'industrie de la construction qui a enregistré 98 cas par rapport à ce genre d'accident (Association des commissions des accidents du travail du Canada, 2018b).

Au Québec, la Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST (2018) a rapporté que le contact avec des objets ou de l'équipement représente 25,1 % des

accidents tous secteurs confondus au Québec en 2018, avec 23 033 dossiers acceptés, classant ce genre d'accidents au 2^e rang.

En 2017, aux États-Unis, le contact avec des objets ou équipements a été classé en quatrième position en termes de nombre de décès causés par ce genre tous secteurs confondus. Pour le secteur manufacturier, ce genre d'accident a causé le plus grand nombre d'accidents mortels (106) en 2017.

Toujours dans l'industrie manufacturière aux États-Unis, dans le cadre de leur étude sur le cadenassage, sur la période 1982-1997, Bulzacchelli et al. (2008) ont recensé les chocs électriques comme étant le deuxième type d'accidents mortels (164 cas soit 26,3 % des accidents mortels) après les accidents mortels causés par les fractures et « l'écrasement par » (183 cas soit 29,3 %). Pour les mécanismes qui ont conduit à ces accidents, ces auteurs ont souligné que le contact avec le courant électrique vient en deuxième position avec 26,4 % des cas étudiés (165/624) après « coincé par /dans » avec 52,1 % (325/624).

Par rapport au secteur minier, le contact avec des objets ou de l'équipement vient en deuxième position après les accidents de transport (Bureau of Labor Statistics BLS, 2018).

Les données précitées, sélectionnées parmi d'autres, prouvent que les genres d'accidents où le travailleur est dans une zone dangereuse de la machine sans contrôle des énergies, sont responsables sur la survenue d'un grand nombre d'accidents graves et mortels dans plusieurs secteurs d'activités.

2.2.2 Corps de métier

Au Canada, le plus grand nombre d'accidents mortels (327) en 2018 a été enregistré chez le personnel des métiers, de la machinerie et des domaines apparentés qui regroupent les électriciens, les plombiers, les tuyauteurs, les mécaniciens, etc., selon la classification nationale des professions (CNP) tous secteurs confondus (Association des commissions des accidents du travail du Canada, 2018b).

Aux États-Unis, les travailleurs de maintenance, d'installation et de réparation figurent parmi les corps de métiers les plus touchés par les accidents de contact avec des objets et des équipements en 2017 (Bureau of Labor Statistics, 2018).

Toujours aux États-Unis, les accidents dus au contact avec des objets ou des équipements ont causé 38 % des décès parmi les travailleurs de production et 27 % parmi les travailleurs de maintenance,

d'installation, et de réparation. Ces derniers sont exposés aux risques plus que les travailleurs de production, avec un indice de mortalité de 7,6 pour 100 000 travailleurs, contre 2,9 pour les travailleurs de production et 4,0 pour tous les autres travailleurs (Bureau of Labor Statistics (BLS), 2005).

L'étude susmentionnée de Bulzacchelli et al. (2008) a révélé que les décès à cause des problèmes de contrôle des énergies ont été enregistrés parmi :

- les travailleurs de maintenance avec 17,2 %
- les travailleurs de production avec 16,7 % et
- les électriciens avec 11,7 %

Les travailleurs de la maintenance et de production ainsi que les électriciens sont donc les corps de métier les plus exposés aux accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies dangereuses.

2.2.3 Types d'activités

En ce qui concerne les types d'activités, Bulzacchelli et al. (2008) ont rapporté, au cours de leur étude sur les accidents mortels causés par les problèmes de contrôle d'énergie, que les activités suivantes sont les plus impliquées, à savoir :

- La réparation (18,1 %)
- Le nettoyage (16,9 %)
- Le montage/démontage (12,5 %)
- Le dépannage / test / inspection (10,3 %)

Au Québec, une analyse de 106 rapports d'enquête d'accidents causés par des pièces en mouvement sur la machinerie industrielle fixe entre 1990 et 2011 a révélé que 80 % de ces accidents ont eu lieu durant une des activités mentionnées dans l'article 188.2 du RSST, tandis que 51 % de ces accidents ont été causés par l'absence ou la défaillance de la méthode de contrôle des énergies (cadenassage ou méthode alternative) (Chinniah, 2015).

Dans une étude comparative des programmes et procédures de cadenassage d'une trentaine de compagnies dans le secteur manufacturier, Chinniah et al. (2008) ont souligné que seulement 29 % des grandes compagnies, 41 % des moyennes compagnies et 14 % des petites compagnies

appliquent le cadenassage durant les interventions de déblocage, malgré les exigences réglementaires qui stipulent son application au cours de ces activités.

Dans le secteur minier, une étude menée aux États-Unis, visant la période 1990-2007, a révélé que les travaux de maintenance, de réparation et de dépannage étaient à l'origine de 52 % des accidents causés par des brûlures des arcs électriques pour les mécaniciens, 84 % pour les électriciens et 74 % pour les autres travailleurs (Kowalski-Trakofler et al., 2007).

Ces études suggèrent donc que les problèmes liés au contrôle des énergies sont présents dans plusieurs secteurs d'activités. Par rapport aux types d'activités étudiées, les études précitées affirment que les activités de maintenance, de réparation et de nettoyage sont les plus impliquées dans les problèmes liés au contrôle des énergies dangereuses dans les divers secteurs autres que la construction, spécifiquement l'industrie manufacturière et minière.

2.2.4 L'application du cadenassage

Une étude récente menée par Chinniah et al. (2019) sur la pratique de cadenassage sur des machines industrielles au Québec a révélé que les principales lacunes sont :

- L'absence de programme de formation sur le cadenassage.
- Les programmes de contrôle des énergies incomplets.
- Le manque de supervision des sous-traitants et de coordination entre les rôles et les responsabilités des intervenants. Les auteurs ont souligné que l'entreprise hôte justifie souvent ce manque de supervision par le fait que ces sous-traitants sont des experts dans les machines sur lesquelles ils interviennent. Le sous-traitant, pour des travaux dans le secteur industriel, est un intervenant du secteur de la construction.

Dans la même optique, Burlet-Vienney (2011) a abordé le manque de supervision des sous-traitants, au cours de son étude sur le cadenassage dans le secteur municipal au Québec. Ce manque de supervision a été expliqué par la difficulté du contrôle des activités des sous-traitants, surtout, quand plusieurs interventions ont lieu en même temps dans différentes zones.

Afin de remédier à cette lacune, Burlet-Vienney (2011) a proposé des actions telles que :

- La définition d'un interlocuteur du sous-traitant;
- La fourniture du matériel nécessaire au sous-traitant;
- L'instauration d'un processus de surveillance et d'accompagnement des sous-traitants.

En lien avec la sous-traitance, Nunes (2012) a noté que les aspects suivants peuvent poser problème quant à la gestion des sous-traitants : la formation, la supervision, la communication,

les rôles, les responsabilités et les barrières culturelles et linguistiques. L'auteur révèle que l'amélioration de la gestion des sous-traitants passe à travers la supervision et la communication efficaces, la coopération à long terme, le partage des connaissances et la formation adaptée.

Dans le secteur manufacturier, une étude menée par Badiane et al. (2016) a démontré que le cadenassage peut faire partie du planning de production comme un sous-composant des activités de maintenance, sans nuire aux objectifs économiques, tout en préservant la santé et la sécurité des travailleurs.

Toujours dans le secteur manufacturier, l'application du cadenassage dans les accidents non mortels étudiés par Bulzacchelli et al. (2008) (592 cas) a révélé que les causes principales sont :

- Dans 58,8 % des cas étudiés (348/592), aucune tentative de cadenassage n'a été entamée.
- Dans 9,3 % (55/592) de ces accidents, d'après les rapports d'accidents analysés, probablement, aucune tentative de cadenassage n'a été réalisée.
- Dans 5,2 % des cas (31/592), la tentative de cadenassage a échoué à cause d'une erreur humaine.
- Dans 1,2 % cas (7/592), l'accident s'est produit à cause d'une défaillance mécanique, malgré le contrôle de l'énergie.

Pour le reste des cas (25,5 %), cette information n'était pas disponible dans les rapports étudiés.

Dans le secteur des scieries, une étude visant l'analyse de l'application des procédures et des programmes de cadenassage a été réalisée par Poisson et ses collègues (Poisson et al., 2015; Poisson & Chinniah, 2016). Plusieurs éléments pouvant aider à encourager cette application ont été identifiés, tels que :

- La simplification des procédures
- L'implication des travailleurs dans l'élaboration des procédures
- L'implication de la direction
- La programmation d'une formation adéquate aux travailleurs et à la compagnie (Poisson et al., 2015; Poisson & Chinniah, 2016).

Dans le secteur minier, 94 % des participants à une étude réalisée par Kowalski-Trakofler et al. (2007), ayant été victimes ou témoins d'un accident causé par un arc électrique, ont souligné que ces accidents pouvaient être prévenus, soit par :

- le port des EPI (dans 47 % des cas), ou

- le cadenassage (dans 41 % des cas).

À travers les résultats de ces études, il est clair que le manque de cadenassage est impliqué dans la majorité des accidents analysés dans divers secteurs d'activités, les lacunes abordées sont d'ordre organisationnel ou technique telles qu'elles sont présentées par la suite.

2.2.5 Lacunes identifiées de la littérature

Le contrôle des énergies dangereuses dans des secteurs d'activités autres que la construction, spécifiquement les secteurs manufacturier et minier, représente plusieurs lacunes en termes d'application et d'amélioration de cette pratique. La revue susmentionnée illustre les lacunes résultantes des études qui ont abordé le contrôle des énergies dangereuses. Les principales lacunes répertoriées peuvent être présentées comme suit (Burllet-Vienney, 2011; Chinniah, 2010, 2015; Chinniah et al., 2019; Chinniah et al., 2012; Chinniah et al., 2008; Karimi, 2019; Karimi et al., 2019; Karimi et al., 2018; Kowalski-Trakofler et al., 2007; Poisson et al., 2015; Poisson & Chinniah, 2016; Poisson, Chinniah, et al., 2016) :

Lacunes techniques et lacunes liées au comportement humain :

Les études précitées dans les divers secteurs d'activités ont souligné la contribution des failles techniques à la survenue des accidents et au ralentissement de l'amélioration de cette pratique. Parmi ces lacunes, on cite : le travail sous-tension, la non-application de certaines étapes primordiales du cadenassage, le manque de connaissances techniques sur le cadenassage ou par rapport aux installations sur lesquelles les intervenants doivent agir.

Lacunes organisationnelles :

Plusieurs lacunes organisationnelles ont été abordées dans la littérature pour les divers secteurs susmentionnés, à savoir :

- Des lacunes liées à l'élaboration et à la gestion des programmes et des procédures de cadenassage.
- Des lacunes associées à la formation des travailleurs concernés par le contrôle des énergies dangereuses.
- Des lacunes liées à la supervision et à l'audit.

2.3 Cadenassage dans le secteur de la construction

La pratique du contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction est assujettie aux spécificités qui distinguent cette industrie des autres secteurs d'activités.

2.3.1 Spécificités du secteur de la construction

Dallasega et al. (2018) ont rapporté que ce secteur fait face à plusieurs obstacles autres que ceux du secteur manufacturier. Ces obstacles reviennent aux contraintes et aux spécificités que cette industrie connaît et qui la différencie des autres secteurs, telles que Oesterreich et al. (2016) les ont citées :

- **La complexité** : Ce secteur se caractérise par la complexité de ses projets à cause des processus interreliés et du nombre élevé d'intervenants dans les diverses phases.
- **L'incertitude** : Les délais limités à respecter ainsi que le manque d'uniformité des matériaux, des travaux et des équipes engendrent un environnement incertain.
- **La fragmentation de la chaîne d'approvisionnement** est l'une des caractéristiques spécifiques de cette industrie. On note la diversité des tailles d'entreprises intervenantes, et la diversité des intervenants tout au long des phases du projet, ainsi que les capacités limitées d'investissements dans les nouvelles technologies (Kraatz et al., 2014).
- **Un environnement dynamique et changeant** en termes d'équipements, de structure temporelle et de conditions météorologiques (Fredericks et al., 2005).
- **La fragmentation de cette industrie** : Plusieurs intervenants sont 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) (Fredericks et al., 2005).
- **La coactivité des équipes et la rotation** constante des travailleurs tout au long du projet (Carter et al., 2006; Hinze et al., 2000; Yi et al., 2006).
- **La culture de cette industrie** : Le niveau d'éducation, la langue, l'abus de stupéfiants, le machisme (Sousa et al., 2014). Ce secteur est aussi reconnu pour avoir une culture rigide et résistante au changement (Arayici et al., 2012).

Dans un tel environnement, la pratique et l'amélioration du contrôle des énergies dans ce secteur s'avèrent difficiles. Les spécificités précitées peuvent entraver cette pratique et même être une source de contribution et d'accentuation des accidents survenus dans cette industrie.

2.3.2 Accidents liés aux problèmes de maîtrise des énergies dangereuses dans l'industrie de la construction

L'analyse de la littérature qui traite les accidents dus aux problèmes de maîtrise des énergies dangereuses nous a permis de mettre en exergue les causes, les genres d'accidents, les types d'énergies et les corps de métier les plus impliqués.

2.3.2.1 Corps de métiers et types de chantiers

Au Canada, le personnel des métiers, de la machinerie et des domaines apparentés qui regroupent les électriciens, les plombiers, les tuyauteurs, les mécaniciens, etc., ont enregistré le plus grand nombre d'accidents mortels (327) en 2018 selon la classification nationale des professions (CNP) tous secteurs confondus (Association des commissions des accidents du travail du Canada, 2018b).

Au Québec, les électriciens d'installation et d'entretien, les tuyauteurs et les plombiers figurent parmi les corps de métier les plus accidentés dans ce secteur entre 2010 et 2014 (Boucher et al., 2017).

Aux États-Unis, Janicak (2008) a mentionné dans une étude d'accidents réalisée sur la période 2003-2006, que la répartition des victimes par rapport à leurs corps de métier est comme suit :

- 26 % des électriciens (128).
- 16,3 % des ouvriers de construction (80).
- 7,9 % des électriciens de lignes (39).
- 2 % des plombiers et tuyauteurs (10) sont décédés par électrocution à cause du contact avec le courant électrique.

Entre 2003 et 2009, 32 % des accidents mortels causés par l'électricité ont été enregistrés chez les travailleurs de la construction aux États-Unis. Les victimes de ces accidents faisaient partie des corps de métiers suivants : les électriciens, les peintres, les charpentiers, les couvreurs et les travailleurs de la construction, suivis des corps de métier qui œuvrent dans la maintenance, l'installation et la réparation tels que les frigoristes, les électriciens de lignes électriques, les travailleurs de maintenance et de réparation des machines industrielles (Cawley, James C et al., 2012).

Taylor et al. (2002) ont mené une étude sur les accidents mortels causés par l'électrocution (1992- 1999). Les résultats ont révélé que les corps de métiers suivants sont les plus impliqués et exposés à ce genre d'accidents :

- Électriciens : 377 décès (38,2 %),
- Apprentis électriciens : 26 décès (2,6 %),
- Installateurs et réparateurs d'électricité : 173 décès (17,5 %).
- Plombiers, tuyauteurs et monteurs des conduites de vapeur 30 décès (3,0 %).

McCann et al. (2003) ont souligné que les électriciens et leurs assimilés (électriciens, apprentis, superviseurs, etc.) sont les plus touchés par les accidents mortels causés par l'électricité. Ces travailleurs représentent 34,4 % du nombre des cas étudiés dans le cadre d'une étude menée sur les accidents mortels entre 1992 et 1998 dans ce secteur aux États-Unis.

Toujours aux États-Unis, Chen et al. (1998) ont souligné que les électriciens sont les travailleurs qui ont le taux d'électrocution le plus élevé (6,6 décès par 100 000 travailleurs) quatre fois plus que la moyenne parmi les autres métiers du secteur de la construction, suivis par les ouvriers des charpentes métalliques (4,5 décès par 100 000 travailleurs).

Par rapport aux types de chantiers, Zhao et al. (2014) ont souligné que 45 % des accidents mortels électriques dans la construction se sont produits dans des chantiers de construction lourde et de génie civil, 30,7 % dans des chantiers résidentiels et 24,3 % dans des chantiers commerciaux. Par rapport aux corps de métiers, les électriciens sont les travailleurs qui ont le taux d'électrocution le plus élevé (6.6 décès par 100.000 travailleurs), soit quatre fois plus que la moyenne parmi les autres métiers du secteur de la construction (Chen et al., 1998).

En fonction des données précitées, les corps de métiers les plus impliqués dans les accidents liés au contrôle des énergies sont donc les électriciens et leurs assimilés. La plupart des recherches dans ce domaine se sont focalisées sur les accidents dus à l'électricité, car elle représente la première cause d'accidents dans ce secteur (McCann et al., 2003). Rares sont les études qui ont abordé d'autres sources d'énergie et des corps de métier autres que les électriciens.

2.3.2.2 Types d'équipement et types d'activités

Au Japon, Ichikawa (2016) a souligné dans une étude réalisée sur les accidents mortels causés par l'électricité, au cours de la période 2002-2011, que :

- 31,6 % des chocs électriques étudiés sont dus au contact avec des lignes électriques,
- 12,1 % sont causés par le contact de commutateurs et des panneaux de contrôle,
- 9,2 % sont des accidents de contact avec des fils conducteurs,
- 6,3 % de ces accidents mortels sont causés par les appareillages de commutation et les transformateurs.

Campbell et al. (2015) ont cité à travers leur étude sur la période 2004-2013, que les travailleurs des secteurs de la construction et de l'extraction ont également enregistré le plus grand nombre de décès dus au contact avec le câblage, les transformateurs ou d'autres composants électriques, avec 249 des 430 décès (58 %).

Taylor et al. (2002) ont classifié les types d'équipements impliqués dans les accidents analysés comme suit :

- Contact avec les lignes aériennes 1046 (41,4 %).
- Contact avec les transformateurs, les câbles ou d'autres composants électriques 648 (25,7 %).
- Contact avec le courant électrique des machines, outils, appareils ou luminaires 408 (16,2 %).
- Contact avec les lignes souterraines 40 (1,6 %).
- Frappé par la foudre 128 (5,1 %).

Zhao et al. (2014) ont mentionné dans une étude qui a analysé les accidents mortels liés à l'électricité, pour la période 1989-2010, que les équipements suivants sont les plus impliqués dans ces accidents aux États-Unis :

- 52,9 % des cas analysés sont causés par le contact avec les lignes aériennes,
- 40 % des accidents étudiés sont causés par le contact direct avec des câbles électriques,
- 26,4 % sont dus aux transformateurs, des conducteurs, des panneaux ou d'autres composants électriques et
- 20,7 % sont causés par des machines sous-tension, des outils, des appareils, des équipements ou des luminaires.

Toujours aux États-Unis, les résultats de l'étude menée par Janicak (2008) sur les accidents mortels causés par l'électrocution sur la période 2003-2006, ont révélé que :

- 47,2 % des accidents étudiés sont dus au contact avec les lignes aériennes,
- 34,3 % des cas résultent du contact avec des câbles électriques, des transformateurs ou des composants électriques,

- 12,4 % sont dus au contact avec le courant électrique des machines, des outils, d'appareils ou de luminaires. L'utilisation du cadenassage dans le secteur de la construction aux États-Unis prévient des accidents mortels liés à l'électricité.

McCann et al. (2003) ont aussi listé les équipements les plus impliqués dans les accidents répertoriés, dans une étude réalisée sur les accidents mortels causés par l'électricité aux États - Unis :

Pour les électriciens :

- 30,4 % des décès sont causés par le contact avec les lignes aériennes,
- 22,8 % sont dus au contact avec des équipements électriques,
- 17 % des décès sont dus au contact avec des câbles électriques,
- 13,1 % sont causés par le contact avec des luminaires.

Pour les non-électriciens :

- 55,2 % des accidents mortels sont dus au contact avec les lignes aériennes,
- 10,3 % des cas sont attribués au contact avec des câbles électriques,
- 7,8 % des accidents sont causés par le contact avec des objets sous-tension.

Par rapport aux types d'activités, en Ontario, la majorité des accidents mortels (67 %) causés par l'électricité ont eu lieu au cours des opérations de réparation et de maintenance, suivis des opérations de construction, durant la période 2014-2018 (Electrical Safety Authority, 2018).

Campbell et al. (2015) ont souligné à travers leur étude que :

- 66 % des accidents mortels causés par l'électricité se sont produits au cours des opérations de construction, de réparation ou de nettoyage,
- 20 % des cas sont survenus durant l'utilisation des outils et des machines.

Chi et al. (2008) ont révélé dans leur analyse des accidents mortels, survenus au cours de la période 1996-2002 que :

- 60 % des tâches assignées aux victimes au moment de l'accident sont des tâches non électriques telles que la réparation, le nettoyage, la soudure et la manipulation du matériel,
- 38 % sont des tâches électriques comme l'installation ou la réparation des lignes électriques, le travail sur des équipements électriques.

Nous pouvons conclure à travers ces données que les équipements les plus impliqués sont les transformateurs, les panneaux électriques, les lignes aériennes et les appareils électriques. Pour les activités les plus concernées dans les accidents étudiés, on trouve les opérations de maintenance, de réparation, de nettoyage et de construction.

2.3.2.3 Genres d'accidents

L'exposition à l'énergie électrique a enregistré le plus grand nombre d'accidents avec perte de temps dans le secteur de la construction par rapport aux autres secteurs d'activité au Canada en 2018 (Association des commissions des accidents du travail du Canada, 2018a).

Au Québec, les genres d'accidents suivants sont parmi les genres les plus impliqués dans le secteur de la construction entre 2010 et 2014 :

- « Frappé par » qui représente 1159 cas (11.9 %)
- « Coincé ou écrasé » avec 460 cas (9.9 %) (Boucher et al., 2017).

Toujours au Québec, les agents ayant un lien avec la machinerie font partie des principaux agents causaux qui ont contribué majoritairement à la survenue des accidents dans le secteur de la construction entre 2010 et 2014, à savoir :

- Pièces de machinerie 15,8 % (190/1206)
- Machines 10,7 % (265/2474) (Boucher et al., 2017).

En Ontario, Kim et al. (2016b) ont conclu, à travers une étude menée sur les accidents mortels causés par l'électricité dans l'industrie de la construction entre 1997 et 2007, que 15 % des accidents mortels enregistrés dans ce secteur sont causés par un contact avec l'énergie électrique. En 2016, le contact direct ou indirect avec l'électricité a causé 154/602 accidents avec arrêt, 23/55 accidents avec incapacité permanente et 3/7 décès le classant ainsi en première position en termes de nombre de décès en France (Institut national de recherche et de sécurité INRS, 2018).

Le contact avec des objets ou de l'équipement a causé 169 décès dans cette industrie en 2018 aux États-Unis, le classant ainsi en quatrième position (Bureau of Labor Statistics, 2018).

Toujours aux États-Unis, 49 % des accidents mortels dus au contact avec le courant électrique se sont produits dans le secteur de la construction. Ces décès incluent les accidents dus au contact avec le courant électrique d'une machine, d'un outil ou d'un appareil, le contact avec un câble électrique et le contact avec les lignes aériennes (Janicak, 2008).

Les chutes, l'électrocution, «frappé par et coincé par/entre » sont désignés par, « les quatre fatales », elles représentent les premières causes des décès dans l'industrie de la construction aux États-Unis, ils sont à l'origine de 58,7 % des accidents mortels en 2013 dans ce secteur. Dans l'ensemble du pays, 51,1 % des accidents mortels électriques survenus se sont produits dans ce

secteur (Bureau of labor statistics BLS, 2014; Zhao, McCoy, Kleiner, Du, et al., 2015; Zhao, McCoy, Kleiner, & Smith-Jackson, 2015). Ore et al. (1996) ont rapporté que le risque des accidents mortels électriques dans l'industrie de la construction est quatre fois plus grand que dans les autres secteurs.

Toujours aux États-Unis, 47 % des décès enregistrés dans le secteur de la construction au cours de la période 1992-2002 sont dus aux accidents causés par l'électricité (Cawley, J. C. et al., 2006). 2100 électrocutions mortelles ont été enregistrées dans le secteur de la construction aux États-Unis, soit 40 % du nombre total d'électrocutions répertoriées entre 1980-1992 tous secteurs confondus (McCann et al., 2003).

En Australie, le contact avec l'électricité a été responsable de 10 % des décès enregistrés entre 2013 et 2016 (Safe work Australia, 2018).

Au Japon, 7425 accidents mortels ont été causés par des chocs électriques entre 1959 et 2003, près de 60 % des accidents mortels causés par l'électricité sont enregistrés dans l'industrie de la construction (Ichikawa, 2016).

À Hong-Kong, 75 % des accidents sont causés par les chutes en hauteur et le contact avec l'électricité. Au moins 60 accidents mortels sont liés aux travaux mécaniques et électriques, deux tiers de ces accidents se sont produits au cours des travaux de maintenance ou de réparation. (Ling et al., 2009; Wong et al., 2016; Zolfagharian et al., 2011)

La majorité de ces études se sont intéressées aux accidents causés par le contact avec l'électricité et aux électriciens du secteur, en analysant des rapports d'accidents et en développant des modèles mathématiques pour comprendre les causes à l'origine de ces accidents. Cet intérêt est dû au fait que l'électrocution est le type d'accident le plus causé par le contact direct ou indirect avec l'énergie électrique, ainsi que par le taux d'électrocution élevé qui a atteint, en 2013, 12,2 morts par un million de travailleurs aux États-Unis comparativement à un taux moyen de 1,3 par million de travailleurs dans les autres industries, soit 9,3 fois plus grand. Si l'on arrive à éliminer les « quatre fatales », on pourra sauver 468 vies de travailleurs de la construction par an (Zhao, McCoy, Kleiner, Du, et al., 2015).

À Taïwan, les accidents de travail causés par l'électricité ont atteint 14,6 % du nombre total des accidents, se classant juste après les chutes mortelles en hauteur (30 %) (Chi et al., 2008; Chi, S. et al., 2013). Sur 255 cas d'électrocutions étudiés :

- 24,3 % sont causés par des défaillances des outils et des équipements.
- 20,8 % sont des résultats de mauvaises pratiques de travail.
- 13,7 % sont dus au contact accidentel avec des parties sous tensions.
- 9 % ont pour cause des défauts de mise hors tension des systèmes électriques (Chi et al., 2008).

À la lumière de ces données, il s'avère que le contact avec des objets ou de l'équipement figure parmi les causes les plus impliquées et les plus fréquentes dans la survenue des accidents causés par les problèmes de contrôle des énergies, tandis que l'énergie électrique est la source la plus impliquée dans ce contexte. Le contrôle des énergies dangereuses dans cette industrie, tel que le cadenassage, est une pratique non répandue dans la construction aux États-Unis selon McCann et al. (2003). Le travail sous tension ou à proximité des câbles et des installations électriques dans la construction constituent la cause majeure des décès et des blessures électriques aux États-Unis (Kinnunen, 2013). L'ampleur des risques que les travailleurs de l'industrie de la construction courent ainsi que la gravité des accidents enregistrés sont mis en exergue à travers ces données.

En ce qui concerne l'aspect économique des accidents dans cette industrie, la majorité des études qui se sont focalisées sur cet aspect s'entendent sur le fait que les coûts directs et indirects engendrés par de tels accidents, quels que soient leurs degrés de gravité, sont colossaux. Le Tableau 2.2 recense les études qui ont traité l'aspect économique des accidents en lien avec le contrôle des énergies dangereuses.

Tableau 2.2 Coûts cités en lien avec les accidents dus aux problèmes de contrôle des énergies

Année	Pays	Coûts cités	Références
2015	Québec-Canada	Les accidents liés au cadenassage coûtent en moyenne 7 524 \$ par accident tous secteurs confondus, tandis que les frais d'indemnisation dans l'industrie de la construction s'élèvent annuellement à 2 539 350 \$, sans compter les frais des accidents mortels.	(CNESST, 2015)
2011	États-Unis	Le coût direct des lésions causées par l'énergie électrique varie entre 50-80 k\$ et le coût indirect peut dépasser le coût direct avec un ratio 4 : 1.	(Bugaris, 2016; Manuele, 2011)

Tableau 2.1 Coûts cités en lien avec les accidents dus aux problèmes de contrôle des énergies
(suite et fin)

Année	Pays	Coûts cités	Références
2006	États-Unis	Le coût des accidents mortels liés à l'électricité a atteint 948 844 \$, ce qui représente le coût le plus élevé des accidents mortels et le second coût des accidents non mortels est 86 829 \$.	(NIOSH, 2006; Waehrer et al., 2007; Zhao et al., 2014)
1987	Canada	L'investissement dans la sécurité des travailleurs peut réduire le nombre d'accidents et les coûts engendrés par ces derniers, tels que les frais de réaménagement d'une zone ou d'un poste de travail, les frais de réparations des équipements endommagés, ou les frais d'indemnisation des victimes qui peuvent varier entre 1342 \$ et 7370 \$, avec un coût moyen de 3350 \$.	(Randerson, 1987)
1984	États-Unis	Pour 1 \$ investi pour la santé et la sécurité des travailleurs, il faut s'attendre à 4-8 \$ de gain en retour.	(Barrie et al., 1984; Kartam et al., 1998; Smith et al., 1991)
1981	États-Unis	Le coût d'indemnisation des travailleurs américains de la construction a dépassé 6 billions de dollars, soit 2000 \$ par travailleur.	(Levitt, 1987)

Les données exposées dans le Tableau 2.2 montrent à quel point les accidents causés par l'électricité sont coûteux dans le secteur de la construction, et ce, à cause de l'ampleur de ces accidents et des vies perdues chaque année. Le Tableau 2.2 démontre aussi que l'investissement dans la sécurité est rentable financièrement ainsi qu'en termes de réduction du nombre d'accidents.

2.4 Réglementation, normes et guides

La Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) a identifié des critères pour faciliter la définition du maître d'œuvre, responsable de l'application du contrôle des énergies sur les chantiers, à savoir :

- 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 délèguera la responsabilité de l'exécution des travaux essentiels de construction à plus d'une personne.

Dans les cas susmentionnés, le propriétaire est le maître d'œuvre, sinon c'est la personne déléguée par le propriétaire qui assume cette responsabilité en plus du cas où la personne déléguée par le propriétaire pratique une autorité sur tous les intervenants au chantier (Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST, 2017b). Cette délégation de responsabilité crée beaucoup d'ambiguïté par rapport à la définition du MO, surtout, si plusieurs intervenants sont impliqués.

Pour se conformer au CSTC et pour faciliter la pratique du cadenassage, plusieurs guides techniques ont été développés par les corporations des travailleurs concernés par le cadenassage, afin de simplifier l'application du code pour ces travailleurs au cours de leurs interventions. Parmi ces guides, on cite :

- Le guide de prévention de l'ASP Construction (2017).
- Le guide élaboré par la Corporation des maîtres électriciens : Programme de prévention : Attention à la tension (CMEQ, 2017) et Travailler hors tension! Une question de vie ou de mort! (CMEQ et al., 2017).

En plus de la réglementation en vigueur, la norme CSA Z460-13 (CSA, 2013) récemment mise à jour en août 2020, qui aborde le cadenassage et ses méthodes alternatives pour le contrôle des énergies dangereuses présente une référence des aspects techniques, administratifs et organisationnels pour la maîtrise des énergies. La norme CSA Z462-18 (CSA, 2018) qui traite la sécurité en matière de l'électricité au travail. Bien qu'elles abordent ces aspects en détail, ces références ne sont pas spécifiques au secteur de la construction.

Aux États-Unis, la norme ANSI/ASSE A10.44-2014 régit le contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction. Une comparaison entre cette norme et le CSTC du Québec nous a permis de tirer plusieurs conclusions par rapport au contenu de ces deux références, à savoir :

Le CSTC et la norme traitent les aspects les plus importants dans le cadenassage en commençant par les définitions, l'élaboration du programme de cadenassage, le recours aux méthodes alternatives, en passant par les étapes essentielles du cadenassage puis la formation du personnel

impliqué, la coordination entre les différents intervenants dans un chantier et enfin les procédures spécifiques telles que l'oubli des cadenas. Toutefois, certains points ont été abordés dans le CSTC, mais pas dans la norme et vice-versa, à titre d'exemples : la tenue d'un registre dans le cas de l'acquisition des cadenas à clé unique sans indication nominale et la procédure à suivre lors de la perte de la clé du cadenas.

Pour les éléments cités dans la norme, mais qui sont absents dans le CSTC, on trouve :

- L'étiquetage est traité avec la même importance que le cadenassage dans la norme alors que dans le CSTC, il est inclus dans les méthodes alternatives au cadenassage.
- Le cas des tests au cours de l'opération où la machine est cadenassée, la norme a établi une procédure bien définie pour pouvoir tester l'équipement en pleine intervention, toutefois, ce point n'est pas abordé dans le CSTC.
- Les cas où la documentation de la procédure de cadenassage n'est pas obligatoire
- Le cadenassage du groupe.
- La procédure qui traite le cas de changement de travailleurs ou de fin de quart de travail.

Aux États-Unis, Bulzacchelli et al. (2007) ont mené une étude qui consiste à analyser les taux de décès causés par la machinerie dans le secteur de la construction de 1980 à 2001. Les auteurs ont divisé la période d'étude en deux, une couvrant 1980 à 1989 et une deuxième de 1990 à 2001. L'année 1990 a marqué l'introduction du règlement OSHA qui encadre le cadenassage. Ils ont pu constater qu'avant l'introduction du règlement (c.-à-d. de 1980 à 1989), le taux de décès a baissé en moyenne par 1.08 % par an, alors qu'après l'entrée en vigueur du règlement, le taux a baissé par 4.59 % en moyenne par an. Après le contrôle des aspects socio-économiques, les auteurs ont souligné qu'il n'y a aucune preuve que l'entrée en vigueur de la norme est responsable de cette baisse du taux de décès, toutefois, cela ne veut pas dire que la norme est inefficace. Les auteurs ont ajouté que cette baisse est peut-être due à un faible niveau de conformité à la norme. Ils ont également noté que parmi les explications possibles, l'utilisation volontaire du cadenassage par certains employeurs avant l'introduction de la norme et une faible conformité par d'autres employeurs après la mise en vigueur de cette norme.

2.5 Taille de l'entreprise

Le nombre d'accidents enregistrés dans ce secteur varie aussi en fonction de la taille de l'entreprise et des types de chantiers. Cheng et al. (2012) ont conclu que les accidents sont fréquents dans les

petites entreprises qui comptent moins de 10 travailleurs. Un total de 81 % des accidents mortels causés par les chocs électriques entre 2002 et 2011 se sont produits dans des compagnies de moins de 50 travailleurs (Ichikawa, 2016). Cheng et al. (2012) ont rapporté que la majorité des accidents causés par les chocs électriques sont enregistrés dans les petites entreprises (1-29 employés). Ling et al. (2009) ont souligné à travers leur étude que les 40 accidents étudiés entre 2006 et 2008 sont survenus dans des grandes et petites entreprises (40 % et 42,5 % respectivement). Cette étude a révélé que 60 % des décès sont enregistrés chez les sous-traitants. Les auteurs ont expliqué ce résultat par le fait que même si les grandes compagnies ont un bon système de gestion de sécurité, les sous-traitants peuvent ne pas être bien intégrés à ce système. Chi et al. (2008), au cours de leur analyse de 255 électrocutions mortelles, ont conclu que plus de 80 % de ces accidents sont survenus dans des petites entreprises (1-29 employés). McVittie et al. (1997) ont mentionné que la fréquence des blessures est plus élevée chez les petites entreprises comparativement aux compagnies de grande taille. Casini (1993) a également rapporté que plus d'un tiers des accidents d'électrocution sont survenus dans des sociétés de moins de 50 travailleurs. Pegula (2004) a souligné que les travailleurs indépendants courent un risque plus élevé de blessures mortelles que les travailleurs salariés. On peut donc conclure que les travailleurs des petites compagnies sont plus exposés à ce genre d'accidents comparativement aux travailleurs des grandes compagnies. Cela peut être dû au fait que les grandes compagnies sont plus structurées et organisées en termes d'équipements et de formation de personnel, contrairement aux petites compagnies où les ressources sont limitées, et par conséquent, ces dernières sont moins structurées et moins équipées. Chi et al. (2008) ont conclu sur le fait que les petites entreprises sont les plus exposées aux risques pour les raisons suivantes :

- Les petites compagnies n'ont pas la capacité de se permettre des programmes de sécurité et de recruter du personnel qui peut veiller sur la sécurité des travailleurs.
- Les petites entreprises réalisent des travaux plus risqués, car elles sont moins susceptibles d'être inspectées par les organismes gouvernementaux.

2.6 Les facteurs humains

Les études qui ont traité des facteurs humains ont démontré que ces derniers sont parmi les principales causes qui conduisent aux accidents (Karakhan et al., 2018). Heinrich (1959) a ainsi rapporté que les actes dangereux peuvent être la source de 85 % des accidents. Dans la même

optique, le HSE (2002) a rapporté que les comportements dangereux contribuent à la survenue de 80 % des accidents. Par ailleurs, des études taiwanaises ont démontré que la première cause des accidents mortels électriques est l'acte dangereux des travailleurs tel que le travail sous tension, le non-maintien des distances sécurisées, l'utilisation des EPI inappropriés et les mauvaises pratiques de travail (Chi et al., 2008). Chi et al. (2008) ont aussi cité dans leur étude que 64,4 % (soit 164 sur 255) des accidents d'électrocution analysés sont causés par des actes dangereux tels que le non-port des EPI, le manque de cadenassage et la non-mise hors tension des équipements.

Une étude suédoise a souligné que 64 % des accidents mortels causés par un contact électrique sont dus à la négligence, 33 % sont causés par le stress, dont 11 % de ces cas n'ont pas été en mesure ou non permis de mettre leurs équipements hors tension, 11 % se sont produits par le fait que ces tâches sont routinières, la pression du temps est responsable sur 12 % de ces accidents et 7 % des cas sont dus à la non-mesure de voltage avant l'intervention. (Kartläggning av elolyckor bland 2005, p. 14.) (Kinnunen, 2013).

Une étude menée par Kim et al. (2016b) sur les accidents mortels dus au contact avec l'électricité dans le secteur de la construction en Ontario, a révélé que la majorité des décès chez les non-électriciens ont été causés par l'inattention au cours de l'activité et les actes non sécuritaires, alors que chez les électriciens, la non-coupure du courant et l'inutilisation des EPI représentent les principales causes de décès.

Par rapport aux facteurs de risques, Bakhtiyari et al. (2012) ont mentionné que les actes imprudents et les activités menées sans la mise en place des mesures de sécurité adaptées sont les plus impliqués dans les accidents mortels causés par l'électricité. Dans la même optique, Zhao et al. (2014) ont cité que dans le secteur de la construction, les programmes de sécurité limités et le comportement dangereux des travailleurs conduisent à la survenue des accidents mortels dus à l'électricité. Lindström et al. (2006) ont rapporté que le non-suivi des procédures de sécurité et l'utilisation incorrecte des dispositifs de sécurité, spécifiquement chez les électriciens, constituent des facteurs de risque pour ce type d'accidents.

Il est aussi important de mentionner le rôle de la communication entre les membres de l'équipe, qui peut affecter la santé et la sécurité des travailleurs tel que Goffeng et al. (2003) l'ont abordé dans leur article. Le rôle des cadres intermédiaires est important en termes d'influence sur les travailleurs à respecter les règles et les procédures (HSE, 2002). Hale et al. (2013) ont démontré

que la sensibilisation des employés aux avantages du cadenassage peut améliorer la culture de sécurité dans les organisations.

Il est à noter que le comportement humain est impliqué dans la majorité des accidents étudiés et par conséquent, la prévention de ces accidents passera essentiellement par l'amélioration de cet aspect. Dans la même optique, Choudhry (2014) et McSween (2003) ont prouvé que le changement des attitudes de sécurité passe d'abord par le changement des habitudes de sécurité et que, pour changer la culture de sécurité des travailleurs, il faut changer leurs comportements.

Il est donc clair à travers ces données que le comportement humain est pratiquement impliqué en grande partie dans la survenue des accidents causés par des problèmes de maîtrise des énergies, soit par le non-respect des consignes, une inconscience ou une perception des risques inadéquate.

2.7 La formation

L'approche la plus directe pour réduire les erreurs humaines est la formation efficace sur la sécurité des travailleurs. Cela permet la réduction des coûts à travers la prévention des accidents (Neville, 1998). La majorité des publications portant sur la sécurité dans le secteur de la construction confirment que la formation des travailleurs à la sécurité améliore leurs compétences de reconnaissance des dangers et leurs comportements de sécurité (Hinze et al., 2005; McCann, 2006). Wu (1995) a souligné, dans une étude sur les conditions d'occurrence de 1 230 accidents mortels en 1989, 1990 et 1992 que 82,2 % des victimes n'ont pas reçu de formations en santé et en sécurité. Hale et al. (2013) ont démontré qu'une bonne connaissance, une bonne formation et une grande expérience tendent à réduire la violation des consignes de sécurité.

Allen (2012) a mentionné que le manque de connaissances et l'ignorance des interventions où le cadenassage est sollicité font partie des lacunes de compréhension du cadenassage. Feng et al. (2013) ont souligné que les formations sur la sécurité sont coûteuses pour les petites compagnies qui œuvrent sur les chantiers résidentiels. Pour remédier à ce problème, Zhao, McCoy, Kleiner, Smith-Jackson, et al. (2015) proposent la formation gratuite en ligne pour les travailleurs de ce type de compagnies.

Le taux d'accidents varie aussi en fonction de la tranche d'âge des victimes. En 2018, 4 233 accidents avec perte de temps ont été enregistrés dans le secteur de la construction parmi la tranche d'âge 25-29 ans, occupant ainsi le premier rang par tranches d'âge au Canada, suivis des travailleurs âgés entre 30 et 34 ans avec 3 889 victimes (Association des commissions des

accidents du travail du Canada, 2018b). Le Tableau 2.3 résume quelques statistiques en lien avec les tranches d'âges impliquées dans les accidents en lien avec le contrôle des énergies dangereuses :

Tableau 2.3 Statistiques d'accidents selon les tranches d'âge

Année	Tranche d'âge	Pays	Statistiques	Références
2013-2016	25-34	Australie	21 % des victimes décédées avaient entre 25 et 34 ans.	(Safe work Australia, 2018)
1989-2012	20-40	États-Unis	Cette tranche d'âge des travailleurs non-électriciens est la plus exposée au contact indirect avec l'électricité haute tension. Le manque des programmes de formation en sécurité et les politiques de sécurité sont derrière l'exposition de cette tranche d'âge à ce risque sur les chantiers résidentiels.	(Zhao, McCoy, Kleiner, Smith-Jackson, et al., 2015)
1989-2010	25-34 35-44	États-Unis	La tranche d'âge la plus touchée par les accidents mortels électriques est celle entre 25 et 34 ans (30,7 %) suivie de la tranche d'âge 35-44 ans (28,6 %). 52,9 % des accidents mortels électriques sont causés par les lignes électriques alimentées.	(Zhao et al., 2014)
1997-2007	25-34	Canada	34,6 % des travailleurs ayant été victimes d'électrocution font partie de cette tranche d'âge, suivie des travailleurs âgés de 17-24 ans (23,1 %). Quant à leurs métiers, 73,1 % étaient des non-électriciens et 37,9 % étaient des électriciens.	(Kim et al., 2016b)

Ces statistiques d'accidents en lien avec les tranches d'âge des victimes dans diverses périodes révèlent que les plus jeunes travailleurs (17 à 34 ans) constituent la grande majorité des victimes des problèmes liés au contrôle des énergies dangereuses. Parmi les causes de leur exposition aux accidents, Chi et al. (2008) ont évoqué le manque d'expérience, de sensibilisation et de formation.

2.8 Importance d'application du cadenassage

Les résultats de cette revue ont démontré l'importance du cadenassage dans la prévention des accidents lors du contact avec des sources d'énergie. La CNESST (2015) a mentionné que l'application du cadenassage pourrait éviter sept décès annuellement, dont deux dans le secteur de la construction. Janicak (2008) a souligné que l'implantation d'un programme de cadenassage et de vérification d'isolation d'énergie effective pourrait prévenir près de 125 accidents mortels par an dans cette industrie. Une autre étude du National Institute of Occupational Safety and Health NIOSH ayant analysé 152 accidents mortels causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses, a révélé que trois facteurs primaires sont responsables de ces accidents :

- Défaut d'isolation d'énergie, de blocage ou de dissipation des sources d'énergie (82 %).
- Défaut de cadenassage et d'étiquetage des dispositifs d'isolation d'énergie après la mise hors tension (11 %).
- Défaut de vérification des équipements afin de valider s'ils sont hors tension avant le début du travail (7 %) (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1999).

Zhao, McCoy, Kleiner, Du, et al. (2015) ont souligné que l'élimination des « quatre fatales » : « Les chutes, l'électrocution, frappé par et coincé par/entre » pourra sauver 468 vies de travailleurs de la construction par an.

McCann et al. (2003) ont conclu que la réduction des risques de décès et de blessures causés par l'électricité passe par la formation des électriciens sur les procédures de cadenassage. Pour les non-électriciens, les auteurs ont recommandé la formation de ces travailleurs sur les risques électriques et sur le cadenassage.

2.9 Synthèse

L'analyse de ces documents nous a permis de relever les principaux facteurs qui contribuent à la survenue des accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies dans le secteur de la construction, à savoir : le type d'énergie, le type de chantier, la taille de l'entreprise, l'expérience, le comportement du travailleur, la supervision, le corps de métier et la formation. Le Tableau 2.4 synthétise les principaux facteurs issus de la littérature étudiée.

Tableau 2.4 Synthèse des principaux facteurs issus de la littérature

Facteur	Conclusion
Corps de métiers	Les électriciens et assimilés (apprentis, électriciens de lignes, superviseurs, etc.) sont les corps de métier les plus impliqués dans ces accidents.
Type d'énergie	L'électricité est la source d'énergie la plus citée dans les documents consultés et la plus impliquée dans les accidents, suivie par l'énergie mécanique puis hydraulique.
Types d'équipements	les transformateurs, les panneaux électriques, les lignes aériennes et les appareils électriques. Les armoires électriques, les ascenseurs mécaniques, les convoyeurs, les machines électriques et les lignes aériennes.
Types d'activités	Les opérations de maintenance, de réparation, de nettoyage et de construction représentent les types d'activités les plus impliqués dans ce type d'accidents.
Genre d'accidents	le contact direct ou indirect avec l'électricité est le genre d'accident le plus fréquent dans la survenue de ces accidents.
Type d'accident	L'électrocution est la lésion la plus fréquente puis les chocs électriques et les brûlures.
Taille de l'entreprise	Les petites entreprises de construction enregistrent plus d'accidents liés au contrôle des énergies comparativement aux grandes entreprises dans ce secteur (Cheng et al., 2012; Ling et al., 2009).
Facteurs humains	L'aspect comportemental est un facteur déterminant dans la prévention de ce type d'accidents, il est impliqué dans la majorité de ces accidents
La tranche d'âge	La grande majorité des victimes appartiennent à la tranche d'âge 17-34 ans.

2.9.1 Lacunes issues de la littérature étudiée

En plus des lacunes susmentionnées, cette revue de littérature nous a permis de définir les lacunes liées au contrôle des énergies dans ce secteur :

Rares sont les études qui ont traité le cadenassage des équipements mobiles dans le secteur de la construction. La répartition des corps de métiers diffère d'une étude à une autre, on trouve que certains chercheurs divisent ces corps de métiers en deux types, par exemple : électriciens et non-électriciens, ce dernier type inclut tous les autres corps de métiers autres que les électriciens. La même remarque pour la répartition des types de chantiers; exemple : résidentiel et non-résidentiel. Les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels sont moins étudiés comparativement aux chantiers industriels. Les types de construction (neuf, existant) sont peu abordés dans la littérature. L'électricité est la source d'énergie la plus étudiée dans la plupart des documents consultés, quant aux corps de métiers, ce sont les électriciens qui sont les plus abordés. Les autres types d'énergies tels que l'énergie mécanique, hydraulique, pneumatique...etc. sont peu cités, la même remarque est valable pour les autres corps de métiers comme les frigoristes et les tuyauteurs.

Bien que plusieurs études se sont focalisées sur l'aspect statistique des accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies, rares sont les études qui ont abordé et analysé les causes et les facteurs techniques, organisationnels et réglementaires qui conduisent à la survenue de ces accidents, ainsi que les circonstances d'application de cette pratique dans l'industrie de la construction, et donc cette étude vient combler ces carences à travers l'exploration de l'environnement et des circonstances de contrôle des énergies, ainsi que la détermination des facteurs qui agissent sur la prise de décision quant au choix de la méthode de contrôle des énergies appropriée dépendamment de chaque corps de métier rencontré et de chaque type de chantier.

Aussi, la littérature n'aborde pas les facteurs déterminants sur le choix de la méthode de contrôle des énergies lors des interventions des travailleurs de ce secteur,

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE

Au cours de ce chapitre, la méthodologie adoptée pour l'analyse des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec sera abordée, ainsi que l'étude exploratoire de la pratique de cadenassage dans ce secteur au Québec. Avant de détailler les méthodologies adoptées, nous aborderons tout d'abord les questions de recherche, l'hypothèse et les objectifs général et spécifiques sur lesquelles cette étude a été basée. Les résultats de la revue de littérature, de l'analyse des accidents et de l'étude exploratoire vont permettre de répondre aux questions de recherche suivantes.

3.1 Questions de recherche

- Quels sont les types et la cause des accidents graves liés aux problèmes de maîtrise des énergies?
- Comment la pratique de contrôle des énergies dans le secteur de la construction au Québec est-elle organisée?
- Quelles sont les contraintes et les difficultés liées au contrôle des énergies rencontrées par les travailleurs dans cette industrie au Québec?
- Comment peut-on améliorer la pratique de cadenassage dans l'industrie de la construction au Québec?

3.2 Hypothèse

Le contrôle des énergies dangereuses est assujéti aux spécificités (cf. 2.3.1) de cette industrie qui la différencie des autres secteurs.

3.3 Objectif général

La présente étude a pour objectif principal de définir les tendances de la pratique de contrôle des énergies dans l'industrie de la construction au Québec et d'analyser les causes qui freinent l'application du cadenassage au cours des interventions des divers corps de métiers étudiés, afin de pouvoir proposer des recommandations et des pistes d'amélioration pour pouvoir faciliter l'application de cette pratique dans ce secteur. Le but étant d'éliminer ou au moins de réduire le nombre d'accidents causés par des problèmes liés au contrôle des énergies dangereuses.

3.4 Objectifs spécifiques

L'objectif général peut se décliner selon les objectifs spécifiques suivants :

- Recenser et analyser le contrôle dans le secteur de la construction à travers l'analyse de la revue de littérature des études antérieures.
- Déterminer les causes principales, les activités et les corps de métier impliqués lors de la survenue des accidents par le biais de l'analyse des accidents dus aux problèmes de maîtrise des énergies dangereuses dans ce secteur au Québec
- Explorer et analyser la pratique de cadenassage et des méthodes alternatives pour les corps de métiers les plus impliqués et pour lesquels, le cadenassage, fait partie de leurs tâches quotidiennes.

3.5 Méthodologie de l'analyse des accidents

L'analyse des accidents causés par des problèmes liés au cadenassage ou à ses méthodes alternatives au Québec pour la période 1990-2017 a pour but d'extraire les principales causes qui ont conduit à la survenue de ces accidents. Cette analyse a été réalisée suivant les étapes de la Figure 3.1.



Figure 3.1 Étapes d'analyse des rapports d'accidents

3.5.1 Définition des critères de choix et tri des rapports

Les rapports d'enquête d'accidents sur lesquels cette analyse a été basée sont issus du centre de documentation de la CNESST qui, parmi ses fonctions, enquête sur les accidents du travail graves et mortels au Québec.

1 646 rapports d'enquête d'accidents survenus durant la période 1990-2017, ont été recensés au départ. Au total, 30 rapports correspondent aux critères suivants :

- L'accident devait avoir lieu sur un chantier de construction tel qu'il est défini dans la LSST ou dans le cadre de sous-traitance.
- L'accident devait avoir lieu au cours d'une intervention hors production tel que la maintenance, la réparation, le nettoyage, etc. (Article 2.20.2 du CSTC).
- L'accident doit être causé par un problème de contrôle des énergies dangereuses.

Certains rapports litigieux ont été vérifiés par deux chercheurs afin de déterminer s'ils font partie du champ de l'étude.

3.5.2 Analyse et synthèse des résultats

L'analyse des rapports d'enquête a été basée sur les éléments du Tableau 3.1.

Tableau 3.1 Grille d'analyse des rapports d'accidents avec un exemple

Élément d'analyse	Exemple (Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST, 2015)
Date et heure de l'accident	9 septembre 2015
Quart de travail	14h à 22h
Secteur d'activité	Électricité résidentielle
Type de chantier	Commercial
Type de contrat	Construction/Rénovation/démantèlement
Activité lors de l'accident	Démantèlement des circuits électriques
Description de l'accident	Durant les travaux de démantèlement des circuits électriques dans un chantier de construction, un électricien était en train de couper un fil dans une boîte de jonction, sa main est entrée en contact avec un élément sous tension
Causes de l'accident retenues par l'inspecteur	1) Le contact de la main de l'électricien avec l'élément sous tension 2) La méthode de travail est déficiente
Nombre de blessés graves et de décès	1 décès

Tableau 3.2 Grille d'analyse des rapports d'accidents avec un exemple (suite et fin)

Élément d'analyse	Exemple (Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST, 2015)
Agent causal	Contact direct avec un câble sous tension
Type d'accident (ex. électrocution, chute, pièce en mouvement)	Électrocution
Équipement impliqué	Boîte de jonction
Fonction lors de l'accident	Électricien
Principale énergie en cause	Électricité
Travail seul ou en groupe	Seul
Formation en cadenassage reçue ou non	Inconnu
Procédures de travail présentes et appliquées	Non

Ces données ont été analysées à l'aide du logiciel Microsoft Excel© en utilisant des tableaux croisés dynamiques. Au total, 30 rapports ont été sélectionnés sur la période 1990-2017, avec 32 accidentés, soit 27 décès et 5 blessés graves. Il y a eu 1 accident avec 2 décès et un autre cas avec 2 blessés graves. Il est à noter que 34 rapports d'accidents causés par un contact direct ou indirect avec des lignes électriques ont été recensés, mais n'ont pas été inclus dans l'analyse, vu que les interventions sur la ligne électrique n'étaient pas l'activité principale au moment de la survenue de ces accidents, ce type d'intervention est régi par une réglementation spécifique du CSTC (section V).

Cette analyse a permis de dresser un bilan des causes les plus impliquées dans ce genre d'accidents au Québec. L'étude de ces accidents nous a permis d'enrichir les discussions avec les participants à l'étude exploratoire.

3.6 Méthodologie de l'étude exploratoire du cadenassage dans le secteur de la construction

Une étude exploratoire a été menée sur la pratique du cadenassage dans le secteur de la construction afin de mieux comprendre les contraintes des travailleurs lors de leurs interventions. Cette étude est la première en son genre à se réaliser dans cette industrie au Québec. La démarche suivie pour cette étude est décrite à la Figure 3.2.



Figure 3.2 Méthodologie adoptée pour la réalisation de l'étude exploratoire

3.6.1 Développement, test et validation du questionnaire

Pour cette étude qualitative, l'approche méthodologique adoptée est la phénoménologie (Creswell et al., 2007), car elle sert à comprendre une expérience ou un phénomène afin de pouvoir l'expliquer (Aubin-Auger et al., 2008). Sa stratégie d'analyse est fondée sur les descriptions structurées des expériences et des phénomènes à travers des entretiens et des observations (Creswell et al., 2007). La force des données qualitatives réside dans leur richesse, leur puissance à expliquer les phénomènes et ainsi répondre au comment et au pourquoi des choses et dans leur flexibilité à travers la possibilité de modification des méthodes de collecte des données au cours de la recherche. Les données qualitatives constituent aussi la stratégie optimale de découverte et d'exploration d'un nouveau domaine (Miles et al., 2003).

3.6.2 Échantillonnage et recrutement des participants

Le choix de notre échantillon d'étude est une étape primordiale qui a un impact direct sur la qualité des données recueillies. Il est recommandé d'opter pour celui qui présente une variation maximale (Guba et al., 1989). L'échantillon qualitatif doit être choisi et orienté et non pas pris au hasard (Miles et al., 2003).

Dans le cas de notre étude, l'échantillon visé est composé de travailleurs concernés par la pratique

du cadenassage dans leurs activités quotidiennes. Les corps de métier sollicités sont : les électriciens, les mécaniciens, les frigoristes et les tuyauteurs. Ce choix est basé sur les statistiques et les données susmentionnées qui ont démontré l'implication de ces corps de métier dans la majorité des accidents causés par les problèmes de contrôle des énergies dangereuses et sur le fait que la nature du travail de ces corps de métier leur impose de travailler régulièrement avec diverses sources d'énergie (ex. électrique, mécanique, hydraulique, pneumatique...). En plus des éléments susmentionnés, nous avons pu consulter ce milieu au Québec à travers le comité de suivi de l'IRSST qui est impliqué dans ce projet.

Bien que plusieurs chercheurs aient proposé des recommandations concernant la taille de l'échantillon ciblé, nous pouvons les regrouper en deux catégories :

- Un nombre défini de l'échantillon : Miles et al. (2003) n'ont pas défini un nombre exact, mais ils ont mentionné que la taille de l'échantillon doit être petite.
- Un nombre précis de la taille de l'échantillon : Creswell (1998) et Thomson (2010) ont souligné que la littérature a prouvé que la saturation des données est atteinte entre 10 à 30 entrevues.

Malgré que le choix de la taille de l'échantillon reste relatif aux paramètres de chaque étude, le recours à la théorie de saturation pour la définition de la taille de l'échantillon est fortement recommandé dans les recherches qualitatives (Dépelteau, 2010; Glaser et al., 1967). Cette théorie stipule que la taille de l'échantillon est atteinte au moment où (i) les entrevues n'apportent aucune donnée nouvelle ou pertinente, (ii) la catégorie est bien développée en termes de propriétés et de dimensions démontrant la variation, et (iii) les relations entre les catégories sont bien établies et validées (Strauss et al., 1998). Le choix de la taille de l'échantillon a été fondé sur la théorie de saturation, au moment où les informations sont devenues redondantes, la collecte des données s'est arrêtée. À la lumière de ces données et en fonction des paramètres relatifs à notre étude, 40 participants ont été planifiés pour ces entrevues, soient 10 travailleurs par corps de métier (tuyauteurs, frigoristes, mécaniciens et électriciens), car d'après des projets antérieurs, le nombre de 10 représentait un compromis entre la faisabilité de l'étude et la volonté d'explorer et de documenter des pratiques diversifiées. Cette taille de notre échantillon s'est avérée adaptée au contexte de cette étude.

La sélection des participants s'est faite en fonction de la richesse de leurs connaissances, de leurs expériences et de leur volonté à participer (Palinkas et al., 2015). Finalement, 38 travailleurs ont participé à cette étude. La saturation des données explique les 38 participants au lieu des 40, tel

qu'il était prévu lors de la planification. Le recrutement des frigoristes a été limité à 8 participants en raison de la redondance des données et de la difficulté de recrutement. Les participants ont été sélectionnés selon les critères suivants :

- Travailler dans ce secteur en tant que : travailleur syndiqué, entrepreneur, formateur, inspecteur CNESST, etc.
- Avoir au moins 3 ans d'expérience dans cette industrie.
- Appartenir à une association professionnelle ou syndicale. Pour les participants qui ne font pas partie d'une corporation (ex. CMEQ, CETAF, CMMTQ), ils doivent avoir une expertise liée à l'un des corps de métier précités.
- Avoir une expérience dans différents types de chantiers : résidentiel, commercial/institutionnel, industriel et génie civil, différents types de construction : neuve ou rénovation et différents types d'interventions : chantier de longue durée, appel de service, etc.

3.6.3 Réalisation des entrevues et collecte des données

L'approche la plus pertinente pour notre étude est l'entrevue semi-dirigée. Elle permet d'explorer la réalité de leur pratique du cadenassage et d'aller au-delà des statistiques. Cette approche permet au participant d'exprimer ses points de vue et ses expériences sans contraintes (Quivy et al., 1995). De plus, pour permettre plus de liberté et de motivation d'expression, nous avons procédé à des entrevues individuelles, contrairement aux entrevues de groupes où les participants génèrent moins d'idées en raison de la peur du jugement ou de la difficulté à prendre la parole (Gotteland et al., 2005).

Les entrevues ont été réalisées au cours de la période mai 2018 et décembre 2019 par le biais d'un questionnaire semi-dirigé (Annexe A). Ce guide d'entretien se compose de questions fermées pour déterminer les caractéristiques, le contexte et l'environnement de travail du participant, et majoritairement de questions ouvertes afin de donner l'opportunité au participant de développer des réponses d'une façon narrative dans le but de tirer le maximum d'informations (Van Campenhoudt et al., 2017) pour expliquer ses expériences. Ces questions sont basées sur la norme canadienne de maîtrise des énergies dangereuses CSA Z460 : 2013 et sur le code de sécurité des travaux de la construction (CSTC section 2.20). Le guide d'entretien aborde les thèmes suivants :

1. **Métier** : Type de corps de métier, rôle occupé, ancienneté, niveau d'étude...
2. **Statut** : Ancienneté dans l'entreprise, activités de l'entreprise, nombre de travailleurs...
3. **Activités de travail** : Types de chantiers auxquels il a participé, types de travaux effectués.
4. **Formation et connaissances** : Nombre, contenu et raisons des formations reçues sur le cadenassage, résumé du cadenassage, réglementation...
5. **Pratique** : Les circonstances d'application du cadenassage, les activités concernées, les équipements, exemples d'incidents causés par des problèmes de contrôle des énergies...
6. **Organisation** : Le matériel en possession, les documents en possession, audit, évaluation des pratiques de cadenassage....
7. **Deux expériences** pour chaque type de chantier.
8. **Synthèse** de l'expérience de chaque type de chantier.
9. **Facteurs extérieurs** : Les éléments qui influencent le contrôle des énergies selon le participant (type de construction, type d'intervention, coactivité, installations temporaires).
10. **Suggestions** pour améliorer le contrôle des énergies dangereuses

Les entrevues se sont déroulées dans des endroits permettant de respecter la confidentialité des propos. Les lieux de rencontre ont été choisis en accord avec le participant, suivant le processus de déroulement présenté à la Figure 3.3.

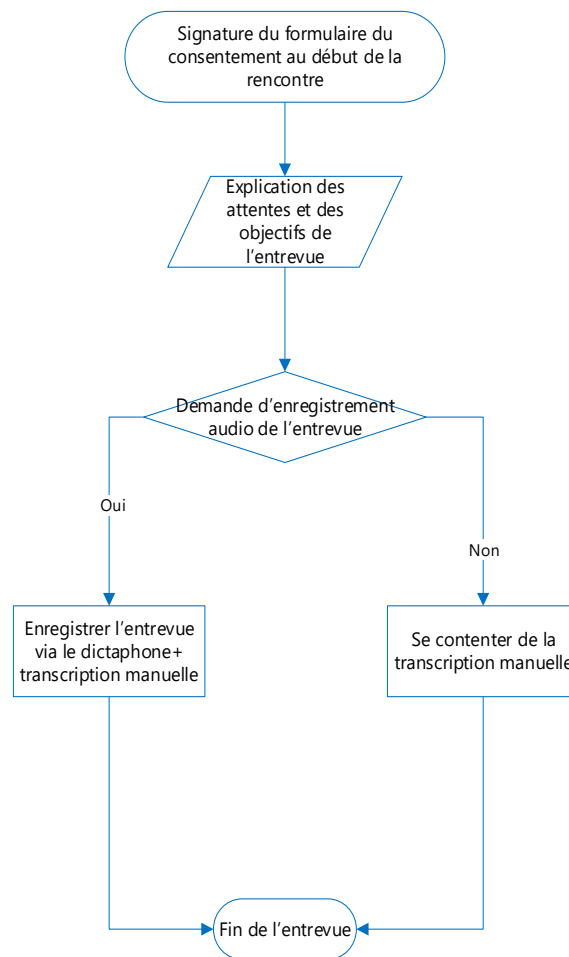


Figure 3.3 Le processus de déroulement de l'entrevue

Le processus de déroulement de l'entrevue est le suivant :

1. Avant le début de l'entrevue, un formulaire de consentement (voir annexe B), validé par le comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique dans le cadre de ce projet, est signé par le participant et le chercheur. Les étapes de déroulement, les attentes et l'objectif de l'entrevue sont expliqués, puis une copie du questionnaire est remise au participant, dans le but d'instaurer un climat de confiance et ainsi accroître la richesse et la qualité des données recueillies (Seale et al., 2004).
2. En cas d'accord du participant, l'entrevue est enregistrée pour des fins de qualité de rédaction du compte-rendu final.
3. Ces entrevues sont conduites par une équipe de deux intervenants au minimum avec ces travailleurs via le questionnaire semi-dirigé (Annexe A).
4. L'entrevue dure en moyenne 1h30 à 2 heures. La validation du questionnaire avant son utilisation dans les entrevues à travers un test est primordiale. Gagné et al. (1999) ont souligné

que le test du guide d'entrevue vérifie la clarté des questions et l'adéquation des lignes directrices, tout en extrayant les lacunes du langage utilisé. C'est la raison pour laquelle notre questionnaire a été testé, validé et légèrement modifié durant les deux premières entrevues avec les participants en présence d'un consultant externe. Afin d'encourager les travailleurs à participer, une rémunération de 100 \$ a été offerte à chaque participant à notre étude.

3.6.4 L'analyse des données et la compilation des résultats

Le compte-rendu des entrevues est validé par les deux intervenants qui mènent l'entrevue en vue de s'assurer de la qualité des informations notées et de bénéficier de la complémentarité lors de prises des notes et ainsi la production d'un compte-rendu de qualité.

Pour analyser les données recueillies, nous nous sommes servis du logiciel Microsoft Excel©. Cet outil nous a permis de catégoriser et de codifier le contenu des données par thèmes. Ce croisement des données a permis d'obtenir des résultats dépendamment du type de chantier et de corps de métier. À noter que la validation du codage a été faite par trois chercheurs afin d'assurer la qualité du codage de ces données. Cette analyse a été faite en se basant sur les données recueillies des questionnaires. Deux types d'informations ont été classifiés :

- Des données qui caractérisent les participants : l'ancienneté du participant dans le métier et dans son entreprise, l'appartenance à un syndicat, le type de contrat, etc.
- Des exemples d'expériences vécues par les participants, en lien avec la pratique du cadenassage au cours de leurs carrières. Il est à noter que le nombre des expériences citées par les participants à cette étude dépend de la nature des interventions qu'ils ont eues, des types de chantiers où ils ont travaillé, des structures des compagnies par lesquelles ils sont passés, de l'implication des maîtres d'œuvre et de leur ancienneté dans le métier. C'est la raison pour laquelle certains travailleurs ont abordé une ou deux expériences représentatives de leur pratique, tandis que d'autres participants ont pu parler de plus que deux expériences. L'échantillon des participants est détaillé dans le chapitre suivant.

CHAPITRE 4 RÉSULTATS

Au cours de ce chapitre, nous présenterons les principaux résultats issus de l'analyse des accidents graves et mortels liés aux problèmes de contrôle des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec, ensuite nous discuterons les résultats extraits de l'analyse des entrevues réalisées avec les quatre corps de métier de ce secteur au Québec.

4.1 Résultats de l'analyse des accidents

Les 30 rapports d'enquête d'accidents représentent 32 accidentés, soit 27 décès et 5 blessés graves. Il y a eu 1 accident avec 2 décès et un autre cas avec 2 blessés graves. L'analyse de ces accidents répertoriés a permis d'extraire plusieurs résultats en lien avec les types de chantiers, les types des contrats, l'organisation du travail et la gestion des risques. Dans ce qui suit, quelques résultats sont présentés et commentés. L'intégralité des résultats de l'analyse de ces accidents est présentée en détail dans un article intitulé « Maîtrise des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec » présenté dans le cadre du congrès international de génie industriel CIGI QUALITA 2019. (Nokra et al., 2019).

D'après le Tableau 4.1, on remarque que les contrats de « Construction/Rénovation/ Démantèlement » représentent à peu près la moitié des cas étudiés, suivis des contrats des services ponctuels avec 34 % puis les contrats des services récurrents avec 19 %. Pour les types de chantiers, on constate que les accidents étudiés se sont survenus dans des chantiers commerciaux et industriels à parts égales, suivis des chantiers résidentiels puis du génie civil.

Tableau 4.1 Nombre de victimes en fonction des types de contrats pour chaque type de chantier

Types de chantier	Type de contrat	Décès et blessés graves
Résidentiel	Construction/Rénovation/ Démantèlement	1 (3 %)
	Contrat de service projet ponctuel	1 (3 %)
	Contrat de service récurrent (ex. électrique)	3 (9 %)
Commercial	Construction/Rénovation/ Démantèlement	9 (28 %)
	Contrat de service projet ponctuel	1 (3 %)
	Contrat de service récurrent (entretien périodique)	2 (6 %)
Industriel	Construction/Rénovation/ Démantèlement	2 (6 %)
	Contrat de service projet ponctuel	9 (28 %)
	Contrat de service récurrent (nettoyage périodique)	1 (3 %)
Génie civil	Construction/Rénovation/ Démantèlement	3 (9 %)

Le Tableau 4.2 expose les situations accidentelles impliquées dans les accidents étudiés, on remarque que le contact direct ou indirect avec une pièce sous tension est responsable de 66 % des cas répertoriés, l'électrocution est la plus impliquée dans ce type de situations accidentelles avec 41 % puis l'électrocution suivie d'une chute avec 16 %. Pour la deuxième situation accidentelle enregistrée, on trouve le contact avec une pièce en mouvement qui représente 34 %, le type d'accident le plus fréquent dans cette situation est le « happement/écrasement ».

Tableau 4.2 Situations accidentelles et types d'accidents

Situation accidentelle	Type d'accident	Décès et blessés graves
Contact direct ou indirect avec une pièce sous tension (66 %)	Électrocution	13 (41 %)
	Électrocution puis 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 puis chute	1 (3 %)

Ces constats correspondent aux résultats issus de la revue de littérature où le contact direct et indirect avec l'électricité est la situation accidentelle la plus fréquente, quant au type d'accident, l'électrocution est le type d'accident le plus impliqué dans les documents analysés de notre revue. Le même constat est valable pour les corps de métier impliqués dans les accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies, où nous avons conclu que les électriciens et leurs assimilés représentent plus que la moitié des victimes du contact direct ou indirect avec des pièces sous tension. Les causes abordées dans les rapports d'enquête sont : travail sous tension volontaire ou involontaire, des méthodes de travail non sécuritaires adoptées, des pièces sous tension accessibles, manque de compétence des travailleurs impliqués, manque de supervision. Les causes liées aux risques mécaniques sont : une remise en mouvement accidentelle, des pièces en mouvements accessibles, des méthodes de travail non sécuritaires, manque de coordination et de supervision.

Pour mieux comprendre les types d'accidents étudiés, le Tableau 4.3 résume quelques exemples des cas analysés.

Tableau 4.3 Exemples des types d'accidents issus des rapports d'accidents analysés

Numéro du rapport CNESST	Type d'accident	Décès et blessés graves	Fonction de la victime	Causes issues du rapport
EN004166	Électrocution	1	Contremaître électricien	<p>1) Le travailleur entre en contact avec une pièce sous tension de 12 kV.</p> <p>2) La gestion de l'accès aux cellules sous tension est déficiente.</p>
EN003202	Électrocution puis chute	2	Électricien	<p>1) L'utilisation d'une méthode non sécuritaire d'entretien.</p> <p>2) Le manque de connaissances des installations électriques de la centrale, enclenchement du disjoncteur.</p> <p>3) La gestion de la SST est déficiente.</p>
EN003776	Explosion	1	Apprenti-électricien	<p>1) La réparation sur un appareil sous tension.</p> <p>2) La méthode de travail est dangereuse.</p> <p>3) Manque de contrôle de l'application des directives de travail autant pour le maître d'œuvre que pour l'employeur.</p>
EN004176	Happement/ Écrasement	1	Mécanicien	<p>1) Le travailleur est présent sur le toit de la cabine alors que l'ascenseur est en mode de fonctionnement normal et qu'un appel palier est effectué.</p> <p>2) Le travailleur n'applique pas le mode spécifique qui permet le contrôle des énergies lors des travaux de maintenance.</p>

Tableau 4.3 Exemples des types d'accidents issus des rapports d'accidents analysés (suite et fin)

Numéro du rapport CNESST	Type d'accident	Décès et blessés graves	Fonction de la victime	Causes issues du rapport
EN002830	Frappé par	1	Journalier	1) La mise en position neutre de la prise de force s'est faite difficilement et a permis un embrayage accidentel par effleurement. 2) Le moteur était en marche au moment du coincement. 3) L'absence d'une section portant sur l'installation des clôtures dans les programmes de prévention du chantier et de l'établissement de l'employeur. 4) L'absence du capot protégeant l'accès au joint universel.
EN003773	Frappé par puis chute	1	Câbleur	1) La planification des travaux et la gestion du cadenassage sont déficientes, 2) L'emplacement du câble à remplacer pousse les travailleurs à se placer dans la zone d'extension de la porte.

D'un point de vue organisationnel, le Tableau 4.4 résume les cas où une procédure de contrôle des énergies dangereuses était présente au moment de la survenue de l'accident. La moitié des cas étudiés n'avaient pas de procédure, tandis que dans l'autre moitié, seulement quatre compagnies avaient une procédure spécifique à la tâche.

Tableau 4.4 Existence d'une procédure de maîtrise des énergies

Procédure existante	Nombre d'accidents
Non	15
Oui - Directives générales	11
Oui - Procédure spécifique	4

Dans 90 % des cas étudiés (27/30), aucune méthode de travail n'a été appliquée au moment de la survenue de l'accident tel qu'il est mentionné dans le Tableau 4.5, tandis que dans les cas où une

méthode de travail adéquate a été appliquée (3/30), plusieurs risques auxquels les travailleurs faisaient face n'étaient pas pris en considération. La survenue des accidents dans les cas où la procédure est existante et appliquée est due à la mauvaise application de ses démarches.

Tableau 4.5 Application d'une méthode de travail adéquate

Méthode de travail adéquate appliquée	Nombre d'accidents
Non	27
Oui, mais tous les risques ne sont pas pris en compte	3

En ce qui concerne la formation des travailleurs impliqués dans ces accidents, il s'est avéré que 14 travailleurs sur 19 n'avaient pas reçu une formation sur le contrôle des énergies dangereuses (Tableau 4.6). Ce constat rejoint les résultats de la revue de littérature qui confirment l'importance de la formation dans la prévention de ce type d'accidents.

Tableau 4.6 Formation des travailleurs sur le contrôle des énergies dangereuses

Formation en cadenassage ou maîtrise des énergies	Nombre d'accidents
Non	14
Oui	5
Inconnu	11

Pour résumer les principaux résultats issus de cette analyse des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses :

- Les travailleurs qui œuvrent dans le domaine électrique représentent la moitié de l'échantillon.
- Les électriciens forment la première catégorie de travailleurs dans ce genre d'accidents pour le secteur résidentiel, commercial et industriel.
- 66 % des accidents ont été causés par un contact direct ou indirect avec une pièce sous tension. L'autre tiers des accidents a été dû au contact avec une pièce en mouvement.
- Gestion déficiente sur les chantiers :
 - Aucune procédure générale ou spécifique n'a été appliquée dans 90 % des cas.
 - La formation des travailleurs sur le cadenassage et le contrôle des énergies n'a été enregistrée que dans quatre entreprises.
 - Le contexte de sous-traitance et de travaux évolutifs dans cette industrie impose l'indispensabilité de la planification.

4.2 Pratiques de cadenassage : résultats des entrevues

L'étude exploratoire de la pratique du cadenassage dans le secteur de la construction au Québec a permis d'obtenir plusieurs résultats en lien avec les paramètres qui influencent les intervenants à contrôler les énergies dangereuses au cours de leurs interventions. Ces paramètres peuvent être classés en plusieurs catégories telles que les aspects réglementaires, organisationnels, comportementaux et techniques. Dans ce qui suit, nous discuterons de principaux résultats issus de notre analyse des entrevues réalisées.

4.2.1 Caractéristiques de l'échantillon étudié

Au cours de la planification de cette étude, 40 participants ont été visés au départ, et ce, dans le but de répondre aux critères susmentionnés dans la méthodologie. Au fil de la réalisation des entrevues, il s'est avéré que dans certains cas, la saturation des données a été atteinte et certaines informations sont devenues redondantes, il s'agit de la raison pour laquelle l'échantillon comprend finalement 38 participants.

4.2.1.1 Rôles, statuts et ancienneté des participants

L'échantillon obtenu se compose principalement de compagnons/contremaîtres (35/38) (Tableau 4.7). Ce constat explique le fait que 60 % des participants ont plus de 10 ans d'expérience dans leurs métiers (Tableau 4.9).

Tableau 4.7 Rôle occupé par corps de métier

Corps de métier	Rôle occupé				Total
	Apprenti	Compagnon	Contremaître	Autres	
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

Par rapport aux corps de métier, notre échantillon de frigoristes et des mécaniciens sont un peu plus expérimentés que celui des deux autres corps de métier avec 87 % et 70 % de ces participants ayant plus de 10 ans d'ancienneté. Ces données étayent notre critère d'avoir des participants d'expérience ayant du recul sur la problématique. À noter toutefois que l'échantillon est constitué aussi de 16 % de participants ayant moins de 5 ans d'ancienneté dans le métier. Cela permet aussi

d'avoir des points de vue variés des travailleurs les plus et les moins expérimentés sur la manière de pratiquer le métier (Tableau 4.9).

En ce qui concerne le statut des participants et la taille de l'entreprise (Tableau 4.8), 89 % sont des salariés d'entreprises dont 37 % appartiennent à des petites entreprises (moins de 50 employés), spécifiquement les tuyauteurs et les électriciens. 13 % des participants travaillent pour le compte des moyennes entreprises (50 à 99 employés) et 39 % font partie des grandes entreprises (100 et plus), surtout les frigoristes. 10 % des participants sont entre deux contrats. Cette variation d'appartenance à des entreprises de tailles différentes nous a permis de collecter les différentes réalités relatives à chaque type d'entreprise.

Tableau 4.8 Statut des participants

Corps de métier/Statut du participant	Salarié - Taille de l'entreprise			Entre 2 contrats	Total général
	1 à 49	50 à 99	100 et plus		
Électriciens	4	2	3	1	10
Frigoristes	2	0	6	0	8
Mécaniciens	3	2	3	2	10
Tuyauteurs	5	1	3	1	10
Total	14	5	15	4	38

Pour l'appartenance syndicale, 89 % (34/38) des travailleurs rencontrés sont syndiqués, tandis que 5 % (2/38) sont des propriétaires de compagnies dans lesquelles ils travaillent. Concernant le comité de santé et de sécurité, 44 % (16/36) des travailleurs ont confirmé l'existence d'un comité de santé et de sécurité au sein des entreprises pour lesquelles ils œuvrent. Il est à noter que la présence de ce comité est corrélée à la taille de l'entreprise (67% des entreprises qui ont un comité de santé et de sécurité ont 50 employés ou plus).

Par rapport à l'ancienneté dans l'entreprise actuelle (Tableau 4.9), 21 % des travailleurs interviewés avaient moins d'un an d'ancienneté dans l'entreprise. Ce résultat peut être dû aux spécificités de ce secteur précitées dans la revue de littérature, telles que la rotation des équipes (ex. placement syndical) et la nature changeante des chantiers.

Tableau 4.9 Ancienneté des participants par corps de métier

Corps de métier	Intervalle d'ancienneté dans le métier			Intervalle d'ancienneté dans l'entreprise			
	0 à 5 ans	6 à 10 ans	+ 10 ans	0 à 1 an	2 à 3 ans	3 ans et plus	Non définie
Électricien	2	4	4	2	2	6	0
Frigoriste	0	1	7	1	1	6	0
Mécanicien	1	2	7	4	0	3	3
Tuyauteur	3	2	5	1	2	6	1
Total	6	9	23	8	5	21	4

Le recensement des types de chantiers dans lesquels ces travailleurs ont participé montre que la majorité ont œuvré dans des chantiers industriels, spécifiquement les mécaniciens et les tuyauteurs, suivis des chantiers commerciaux/institutionnels, puis résidentiels où les électriciens sont plus actifs (Tableau 4.10). Il est à noter que les mécaniciens travaillaient spécifiquement sur les chantiers industriels. Rares sont les travailleurs de notre échantillon qui ont eu des expériences dans des chantiers du génie civil, le recrutement des travailleurs ayant une expérience dans ce type de chantiers était difficile. Pour les chantiers agricoles, ce type n'était pas visé au début de l'étude (Tableau 4.10). Toutefois, deux électriciens ont œuvré dans ce secteur, ils ont souligné qu'en général, ces chantiers ne sont pas structurés en termes de contrôle des énergies.

Tableau 4.10 Type de chantier et type de construction où les participants ont été impliqués par corps de métier

Corps de métier	Type de chantier					Type de construction	
	Résidentiel	Commercial/Institutionnel	Industriel	Génie civil	Agricole	Neuf	Existant
Électricien	9	10	7	0	2	10	9
Frigoriste	4	8	8	1	0	6	8
Mécanicien	1	3	9	5	0	9	10
Tuyauteur	4	10	10	0	0	10	9
Total	18	31	34	6	2	35	36

Concernant les types de construction (Tableau 4.10), les travailleurs avaient presque tous participé à des chantiers neufs et existants. Ces types de construction sont de nature différente et cette différence constitue l'un des aspects qui caractérisent la réalité de ce secteur. Il est à mentionner

que le travail sur les chantiers neufs, dans la majorité des cas, ne nécessite pas de contrôle d'énergie, vu qu'au cours de cette étape, les travailleurs mettent en place les équipements et assurent les liaisons sans alimentation, car cette étape est la dernière dans le processus de réalisation des chantiers neufs. Les seules énergies à gérer durant cette étape sont les alimentations temporaires que les travailleurs utilisent pour alimenter leurs outils et leurs équipements afin de réaliser les travaux, tandis que sur les chantiers existants, plusieurs types d'énergies doivent être maîtrisés.

4.2.1.2 Formation des participants

Par rapport à leur formation de base, 86 % des participants détiennent des diplômes d'études professionnelles (DEP) dans leurs spécialités. Les autres participants ont des diplômes d'études collégiales (DEC) ou des diplômes d'études secondaires pour les participants les plus anciens, en plus des formations spécifiques que les maîtres d'œuvre ou les employeurs assurent.

La majorité des travailleurs interviewés ont confirmé qu'ils ont reçu des formations spécifiques sur le cadenassage. 89 % (34/38) ont mentionné qu'ils ont été formés au moins une fois sur le cadenassage, cependant, les 11 % restants ont affirmé qu'ils n'ont reçu aucune formation sur le cadenassage tout au long de leur carrière (Tableau 4.11).

Tableau 4.11 Nombre de formations reçues sur le cadenassage

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

Dans 63 % (24/38) des cas rencontrés (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**), c'était le maître d'œuvre qui exigeait la formation d'accueil de ses sous-traitants. En revanche, 26 % (10/38) des participants ont révélé que c'est l'employeur qui a assuré la formation.

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. » (CSTC, 2020).

Cet article du code confirme l'obligation de la formation des travailleurs qui auront à contrôler les énergies dangereuses. Toutefois, sur les chantiers commerciaux/institutionnels et résidentiels, le problème de la détermination du maître d'œuvre est toujours persistant, ce qui laisse une ambiguïté quant à l'attribution des responsabilités qui en découlent. Aussi, le code ne définit pas clairement le type de formation nécessaire que le travailleur devra recevoir. Pour les cas des travailleurs qui ont reçu plusieurs formations sur le contrôle des énergies dangereuses, le code ne mentionne pas si ces travailleurs doivent être formés au complet ou s'ils doivent seulement avoir une simple formation spécifique à chaque chantier.

Tableau 4.12 Raisons de la formation reçue

Corps de métier	Raisons de la formation		
	Exigence du MO	Exigence de l'employeur	S/O
Électricien	5	3	1
Frigoriste	4	3	1
Mécanicien	9	2	0
Tuyauteur	6	2	2
Total	24	10	4

En ce qui concerne la durée des formations, 66 % (19/29) des travailleurs ayant répondu avoir été formés ont reçu des formations de 2 heures ou moins (ex. 2 heures, 1 heure, 45 minutes, 30 minutes, 10 minutes), tandis que 24 % (7/29) ont reçu des formations d'une demi-journée. Enfin 10 % (3/29) de ces participants ont reçu une formation d'une journée. Par rapport au contenu, la majorité des formations étaient théoriques. Ce point remet en question la qualité des contenus abordés dans les formations sur le cadenassage. En lien avec la formation, 53 % (20/38) ne se souviennent pas du module de cadenassage abordé dans le cadre du cours « Santé et sécurité générale sur les chantiers de construction » pour avoir la carte d'accès aux chantiers, ce cours est obligatoire pour toute personne voulant avoir accès au chantier tel qu'il est stipulé dans l'article

2.4.2.i du CSTC (CSTC, 2020). Il est à mentionner que pour certains cas, cette formation date de plusieurs années et son contenu peut ne pas être le même au fil des années.

4.2.1.3 Incidents vécus liés au contrôle des énergies dangereuses

Les incidents vécus abordés par les participants nous révèlent l'ampleur et la fréquence des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies; ces résultats correspondent bien aux résultats de l'analyse des accidents et de la revue de littérature susmentionnés. 86 % des participants ont confirmé qu'ils ont été victimes ou témoins d'un incident dû à un problème de contrôle des énergies. Les sous-sections suivantes présentent des incidents par corps de métier.

4.2.1.3.1 Électriciens

La majorité des électriciens de l'échantillon (88 %) ont subi des chocs électriques ou des brûlures avec des tensions allant de 120V à 600 V. Les interventions des travailleurs lors de la survenue de l'accident ont eu lieu sur des équipements sous tensions dans la majorité des cas. Le refus du maître d'œuvre à couper le courant pour une longue période ou encore l'accès au sectionneur étaient les causes les plus fréquentes qui ont poussé les travailleurs à intervenir sous tension. Voici quelques témoignages des électriciens interrogés :

- « 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 400A a sauté ».
- « Au cours d'une vérification de la mise à la terre des prises et des lumières dans un bâtiment, et un changement de fil d'une lumière avec un défaut de mise à la terre, on travaille en coupant seulement l'interrupteur de lumière. Malheureusement, c'est un 3-voies et un employé a actionné un interrupteur hors de portée de vue des travailleurs. Je me suis brûlé aux doigts. Dans ce cas-ci, il y avait un problème d'identification et aussi on ne pouvait couper le courant au disjoncteur/sectionneur trop longtemps ».

4.2.1.3.2 Frigoristes

Comme les électriciens, les frigoristes ont été victimes de chocs électriques. En plus du risque électrique engendré par les travaux fréquents de diagnostic qui demandent la mise en marche de

l'équipement en question, les frigoristes sont exposés aux risques de pièces en mouvement. Les frigoristes interrogés nous ont révélé les témoignages suivants :

- « Je faisais le nettoyage avec une brosse spéciale, j'étais encore apprenti, j'ai mis la brosse près du serpentin (347V) puis j'ai reçu un choc électrique ».
- « J'intervenais sur une machine OFF, soudainement elle a redémarré, ma main a été coincée dans la poulie ».
- « Je faisais du troubleshooting, je vérifiais le 24V sur un contacteur et j'étais très proche du transformateur, j'ai reçu un choc en touchant le transformateur par la main (600V) ».

4.2.1.3.3 Mécaniciens

La majorité des accidents partagés par les mécaniciens ont été causés soit par manque ou par erreur d'application de cadenassage, tels que le fait de cadenasser un équipement et de travailler sur un autre par erreur, ou le fait de cadenasser un équipement d'une manière incomplète :

- « Un convoyeur a été cadenassé sur ON : cadenas mis dans le trou prévu à cet effet, mais avec l'actionneur du sectionneur encore sur ON ».
- « Un travailleur intervenait sur de grands conduits d'air (8-10 pieds de diamètre) sans se cadenasser, quelqu'un a fait fonctionner la machine et le travailleur est resté accroché aux parois, car l'air soufflait à grande pression à l'intérieur du conduit ».
- « Un travailleur voulait intervenir sur une pompe (il y avait deux), il a cadenassé la mauvaise pompe. Il n'a pas fait le test de démarrage ».

4.2.1.3.4 Tuyauteurs

Les accidents survenus aux tuyauteurs résultent soit d'un mauvais cadenassage (incomplet, ou cadenassage du mauvais équipement), d'une mauvaise gestion de l'énergie résiduelle, d'un problème causé par l'électricité ou d'un manque de coordination. Parmi les expériences partagées :

- « Un ancien travailleur intervenait pour changer une valve d'un système de chauffage d'huile. Cette intervention a eu lieu sans procéder au cadenassage, il s'est contenté de fermer la valve, au moment de l'intervention quelqu'un a ouvert le réservoir ».
- « Je travaillais sur une chaudière électrique, j'ai fermé le sectionneur sans me cadenasser, ensuite j'ai inspecté mon unité, puis j'ai remarqué qu'un fusible était brûlé. En procédant à

son changement dans un premier temps, je ne l'ai pas introduit correctement, en voulant le réajuster, j'ai voulu savoir s'il y a du courant en testant par mon crayon et là je me suis rendu compte qu'il y avait du 600V, j'avais oublié de mettre le sectionneur à OFF après plusieurs tests ».

- « Lors de débranchement d'un connecteur, il y a eu un retour de vapeur et le travailleur a été brûlé ».

4.2.2 Gestion du contrôle des énergies dangereuses

4.2.2.1 La réglementation sur les chantiers

Seulement 18 % (7/38) des participants étaient au courant de la mise à jour du CSTC qui concerne le contrôle des énergies dangereuses, bien que 89 % des participants ont suivi au moins une formation spécifique sur le cadenassage. Ce constat est valide pour tous les corps de métiers rencontrés (Tableau 4.13). Ce point remet en cause plusieurs éléments abordés précédemment, à savoir la qualité des formations, le contenu de la formation, le manque de communication entre l'employeur et le travailleur, ainsi que la recherche d'information et la mise à jour de la part du travailleur.

Tableau 4.13 Connaissances de la réglementation par corps de métier

Corps de métier	Connaissances des articles du CSTC sur le cadenassage	Modifications dans la pratique du cadenassage depuis les changements réglementaires de 2016
Électricien	1	2
Frigoriste	1	2
Mécanicien	3	3
Tuyauteur	0	4
Total	7	11

Tous les participants ont pu définir ce que représente le cadenassage pour eux, la majorité des définitions ont abordé l'aspect de la sécurité et de la protection. Voici quelques exemples de définitions données par les participants sur le cadenassage :

- « La sécurité, contrôler les énergies pour ne pas me blesser ».
- « Processus qui permet à un ou plusieurs individus de s'assurer du maintien à l'arrêt d'un équipement pour la durée de l'intervention ».

- « Pour me protéger moi-même, être sûr qu'il n'y a pas d'électricité ».
- « Protéger ma sécurité, l'équipement et les autres qui sont autour ».

Suite aux changements réglementaires apportés au CSTC en janvier 2016, seulement 29 % (11/38) des personnes interrogées ont constaté un changement dans la pratique du contrôle des énergies au cours de leurs interventions (Tableau 4.13).

Ce constat a divisé nos participants en trois catégories :

1. Ceux qui n'ont pas remarqué de changements dans la pratique de cadenassage après la rentrée en vigueur du CSTC, car il a été déjà instauré avant le code.
2. Ceux qui n'ont pas vu la pratique de cadenassage se développer, car le changement n'a pas encore eu lieu dans leur environnement de travail.
3. Ceux qui ont constaté un changement au cours des dernières années après l'introduction du code en 2016.

Plusieurs éléments justificatifs ont été présentés par les participants, qui ont remarqué un changement dans la pratique de cadenassage :

- Frigoristes : Les employeurs et les maîtres d'œuvre sont de plus en plus impliqués et par conséquent, les travailleurs sont obligés de respecter les consignes fixées par le maître d'œuvre.
- Mécaniciens : Le cadenassage chez une grande partie des mécaniciens est obligatoire, il fait partie des étapes du travail.
- Électriciens et tuyauteurs : Dans les grandes compagnies, l'amélioration des pratiques de cadenassage est claire, tandis que dans les petites compagnies, il y a peu ou pas de changements dans la pratique de contrôle des énergies.

En plus des points précités, il est important de mentionner que la conviction des travailleurs pour la sécurité évolue au fil du temps. En effet, les anciens travailleurs qui ont œuvré dans des chantiers où les règles de sécurité étaient moins présentes, moins contrôlées et par conséquent moins respectées, contrairement à ce qui existe actuellement sur le marché du travail, prennent peu à peu leur retraite. Comme la formation des apprentis fonctionne par le compagnonnage, ce changement de garde impacte la culture de sécurité du secteur.

Selon la majorité des participants, le contrôle des énergies est en amélioration continue depuis la dernière décennie. Les participants ayant travaillé sur des chantiers durant les années 90 et les

débuts des années 2000 nous ont confié que la SST était une valeur peu présente. À titre d'exemple, même le port des EPI chez ces travailleurs était non répandu durant cette période, tandis que la pratique du cadenassage était inexistante.

Les travailleurs qui ont une connaissance sur la réglementation ont tous confirmé la difficulté d'application du CSTC à cause du niveau élevé du détail, surtout dans les chantiers les moins structurés ou le MO/employeur sont moins impliqués. Les spécificités précitées de ce secteur rendent l'application du code difficile, particulièrement, la définition du MO qui crée une ambiguïté quant à l'attribution des responsabilités, telles que la fourniture du matériel de cadenassage, ainsi que l'élaboration des procédures spécifiques telles que l'oubli du cadenas ou la perte de sa clé (article 2.20.12 du CSTC).

4.2.2.2 Circonstances d'application du cadenassage

Les circonstances d'application du cadenassage ont réparti les travailleurs en trois catégories telles qu'il est décrit dans le **Erreur ! Référence non valide pour un signet.** : 61 % (22/36) des participants ont répondu qu'ils appliqueront le cadenassage à chaque fois que la situation l'exige, 33 % estiment qu'ils ne cadenassent pas toujours lorsque la situation l'exige, il y a donc une ouverture vers d'autres méthodes de contrôle ou pas de contrôle. Enfin, 6 % des intervenants n'ont jamais appliqué le cadenassage. Il est important de noter que « Si la situation l'exige » ne fait pas référence ici aux exigences réglementaires, mais plutôt à la perception de l'intervenant. Cela veut dire qu'il va toujours cadenasser dans les situations où il considère devoir le faire. Dans les autres cas, cela veut dire qu'il ne cadenassera pas dans les cas où il devrait le faire selon lui. Sur le terrain, les seuls cas où les travailleurs contrôlent toujours les énergies, ce sont les cas des chantiers industriels structurés ou quand le maître d'œuvre ou l'employeur l'oblige. Pour les autres types de chantiers ou de situations, c'est la perception du travailleur et son évaluation de la situation de travail qui vont agir sur sa décision.

Tableau 4.14 Circonstances d'application du cadenassage

Corps de métier	Circonstances d'application du cadenassage		
	Toujours, si la situation l'exige	Ça dépend de la situation	Jamais
Électriciens	4	4	0
Frigoristes	4	3	1
Mécaniciens	10	0	0
Tuyauteurs	4	5	1
Total	22	12	2

4.2.2.3 Évaluation de la pratique de cadenassage

Sur l'ensemble de l'échantillon, 32 participants ont pu évaluer leur pratique du cadenassage comparativement aux autres membres de leur corps de métier (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Cette pratique a été jugée équivalente dans près de deux tiers de notre échantillon (20/32), surtout chez les mécaniciens. Aucun participant n'a déclaré que sa pratique était significativement inférieure aux autres. 37,5 % (12/32) des participants ont répondu que leur pratique est meilleure, spécifiquement les frigoristes (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**) grâce à la bonne gestion de l'employeur ou une conscientisation déclenchée suite à l'assistance à un accident. Six participants n'ont pas pu se prononcer quant à l'évaluation de leur pratique à cause de la difficulté de cette comparaison. Au final, l'échantillon de participants semble être légèrement biaisé vers une meilleure pratique du cadenassage surtout pour les frigoristes. Ce résultat n'est pas étonnant, puisque l'échantillon a été constitué sur une base volontaire et que certains participants avaient ainsi probablement été sensibilisés à la SST lors de leur carrière (ex. accidents du travail dans le passé). Ainsi, les problématiques recueillies lors des entrevues sont vraisemblablement vécues par un grand nombre sur les chantiers.

Tableau 4.15 Jugement de la pratique du cadenassage

Corps de métier	Jugement de la pratique du cadenassage		
	Meilleure	Équivalente	Ne se prononce pas
Électricien	2	5	3
Frigoriste	5	2	1
Mécanicien	2	8	0
Tuyauteur	3	5	2
Total	12	20	6

4.2.2.4 Équipements impliqués dans le contrôle des énergies dangereuses

Plusieurs types d'équipements qui nécessitent le contrôle de leurs énergies dangereuses ont été abordés par les participants. Le Tableau 4.16 résume les types d'équipements fréquemment utilisés par chaque corps de métier.

Tableau 4.16 Type d'équipement nécessitant le cadenassage et type d'énergie impliquée pour chaque corps de métier

Corps de métier	Type d'équipement	Type d'énergie
Électriciens	Panneaux de contrôle, panneaux électriques, prises de courant, les groupes électrogènes, luminaires, conduits d'éclairage, de chauffage et de ventilation, pompes à chaleur, moteurs.	Électrique, pneumatique
Frigoristes	Systèmes de réfrigération, unités de climatisation, unités de chauffage, compresseurs, minisplits, biblocs, rooftops, monoblocs refroidisseurs, split systems, condenseur détenteur, évaporateur.	Hydraulique, pneumatique, électrique, chimique
Mécaniciens	<ul style="list-style-type: none"> - Mécanicien industriel : Ponts roulants, fours, convoyeurs, compresseurs, pompes, moteur, trémies, chutes de chargement, turbines, concasseurs. - Mécaniciens d'ascenseur : ascenseurs, escaliers mécaniques, monte-charge. 	Hydraulique, électrique
Tuyauteurs	Tuyauterie, vannes, réservoirs. pompes, chaudières, valves, aérothermes, doseuse, radiateurs, chauffe-eau.	Hydraulique, pneumatique, électrique, chimique

4.2.2.5 Activités fréquentes

En termes d'activités fréquentes les plus impliquées dans le contrôle des énergies, les électriciens, les mécaniciens et les tuyauteurs ont souligné que les activités d'entretien/maintenance/réparation, modification/mise hors d'usage sont les plus fréquentes, suivies de celles d'installation/montage chez les frigoristes et les électriciens, puis l'ajustement et le réglage chez les mécaniciens (Tableau 4.17).

Tableau 4.17 Activités les plus fréquentes impliquées dans la maîtrise des énergies

Corps de métier	Activités fréquentes					
	Installation/ Montage	Nettoyage/ Déblocage	Ajustement/ réglage	Inspection	Entretien/ Maintenance/ Réparation	Modifi cation/ mise hors d'usage
Électricien	87,5 %	37,5	50 %	50 %	100 %	100 %
Frigoriste	87,5 %	62,5 %	87,5 %	75 %	100 %	87.5 %
Mécanicien	80 %	90 %	100 %	90 %	100 %	100 %
Tuyauteur	80 %	80 %	50 %	70 %	100 %	100 %
Total	83,75 %	67,5 %	71,8 %	71,25 %	100 %	96,87 %

Ce résultat représente une cohérence avec les résultats de l'analyse des accidents survenus au Québec, où nous avons conclu que les contrats de construction/rénovation/démantèlement, les contrats de services ponctuels et récurrents sont les plus impliqués dans les accidents analysés, dépendamment de chaque type de chantier. Les résultats de notre revue de littérature ont aussi démontré que les types d'activités les plus impliquées dans les études répertoriées sont ceux de maintenance, de réparation et de nettoyage.

4.2.2.6 Matériel de cadenassage

La possession du matériel de contrôle des énergies dangereuses varie en fonction du corps de métier, de la taille de l'entreprise et du maître d'œuvre.

Pour les électriciens et les frigoristes, 88 % (7/8) ont confirmé avoir en leur possession des cadenas personnalisés à clé unique. En ce qui concerne les accessoires de cadenassage, tous les électriciens possèdent soit des morillons, des étiquettes d'identification ou des coupe-disjoncteurs. Les frigoristes et les tuyauteurs possèdent aussi des coupe-valves et des serre-câbles. Tous les mécaniciens participants ont au moins un cadenas personnalisé à clé unique. Le nombre de cadenas et des accessoires diffère d'un travailleur à un autre.

D'un point de vue réglementaire, le CSTC (2020) stipule que :

« 2.20.11. Le maître d'œuvre doit fournir le matériel de cadenassage dont les cadenas à clé unique, sauf si un employeur ou un travailleur autonome en est responsable par application de l'article 2.20.10. ».

Il est donc clair que la fourniture du matériel de cadenassage est la responsabilité du maître d'œuvre, à moins que cette responsabilité soit déléguée à un autre intervenant. Dans le cas des chantiers où il y a plusieurs intervenants (ex. commerciaux/institutionnels ou industriels moins structurés), chaque intervenant essaie d'éviter cette responsabilité afin d'éviter la fourniture du matériel, car ce sont des coûts supplémentaires qui s'ajoutent. Par conséquent, cette responsabilité reste ambiguë entre ces diverses parties prenantes. Enfin de compte, les travailleurs se trouvent sans matériel, ce qui les pousse à travailler sans se cadenasser, à moins qu'ils utilisent leurs propres cadenas.

Selon les propos des participants, les MO dans les chantiers industriels et commerciaux/institutionnels lourds fournissent souvent le matériel de cadenassage à leurs sous-traitants, tandis que sur les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels légers, les travailleurs utilisent leurs propres matériels.

4.2.2.7 Procédures de contrôle des énergies

Les articles 2.20.5 et 2.20.6 du CSTC (2020) stipulent que le MO doit élaborer des procédures de contrôle des énergies dangereuses. Les participants ont souligné que ces exigences ne sont respectées que sur les chantiers industriels et les grands chantiers commerciaux/institutionnels. Les procédures sont inexistantes sur les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels. L'élaboration des procédures sur ces chantiers dépend du niveau d'exigence du MO, de la nature et de la durée des travaux. L'élaboration des procédures pour des interventions de courte durée (ex. appel de service) est moins fréquente. Les participants ont abordé trois cas de figure les plus rencontrés : dans la plupart des cas, c'est le MO qui fournit la procédure de cadenassage et exige son utilisation par le sous-traitant. Si le MO n'a pas de procédure, mais oblige le sous-traitant à l'élaborer, dans ce cas, les travailleurs créent et appliquent une procédure. Enfin, si le MO n'exige aucune procédure, les travailleurs choisiront la méthode qui leur semble adéquate à leur intervention, sans établir une procédure écrite comme c'est le cas sur les chantiers résidentiels, commerciaux/institutionnels. Plusieurs participants ont mentionné que leurs employeurs n'ont pas de procédures écrites établies.

4.2.2.8 Méthodes alternatives au cadenassage

En vertu de l'article 2.20.4, le CSTC permet dans certains cas, le recours à des méthodes alternatives au cadenassage. Le Tableau 4.18 regroupe les méthodes utilisées par les participants,

autres que le cadenassage. Ces méthodes font référence soit à du travail avec énergie, soit à du travail sans énergie, mais sans cadenas personnel. Selon les participants, ces méthodes ne sont jamais formalisées et validées par une analyse des risques, à quelques exceptions près dans le secteur industriel.

Tableau 4.18 Quelques méthodes alternatives au cadenassage utilisées

Corps de métier	Méthodes alternatives	Énergie impliquée
Électriciens	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre du ruban adhésif rouge (Tape) sur le disjoncteur en position OFF - Débrancher le fusible ou les fils en les protégeant par un connecteur de fils. - Mettre le disjoncteur en position OFF et cadenasser le panneau électrique de l'extérieur - Contrôler visuellement le disjoncteur en position OFF - Porter des habits arc-flash - Déclencher le disjoncteur en le court-circuitant en cas de sa non-identification 	Électrique
Frigoristes Tuyauteurs	<ul style="list-style-type: none"> - Enlever la poignée de la valve en position fermée - Obstruer la canalisation - Mettre du ruban sur la valve en position fermée - Contrôler visuellement la valve en position fermée. 	Hydraulique Chimique Thermique pneumatique
Mécaniciens	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un outil spécifique pour délimiter un périmètre de sécurité pour aligner une courroie ou pour des fins de diagnostic. - Utiliser une trappe d'accès qui permet le maintien à distance de la zone dangereuse pour lubrifier des pièces en mouvement 	Mécanique

Les facteurs qui agissent sur les décisions des travailleurs pour utiliser les méthodes alternatives au cadenassage sont décrits dans la section 4.2.3 dépendamment des spécificités de chaque corps de métier.

4.2.2.9 Audit

La moitié de l'échantillon a affirmé n'avoir jamais été audité en lien avec le cadenassage (Tableau 4.19). 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 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 mécanicien : « Chez un client industriel sérieux, il 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 4.19 Audit de la pratique de cadenassage

Corps de métier	Audit	
	Non	Oui
Électricien	5	3
Frigoriste	4	4
Mécanicien	3	7
Tuyauteur	6	4
Total	18	18

Sur les chantiers résidentiels et/ou commerciaux/institutionnels, il est rare que les travailleurs se fassent auditer, et ce, pour deux raisons : (i) le maître d'œuvre n'est pas un connaisseur du domaine (ex. propriétaire d'une maison, gérant d'un magasin, etc.), (ii) la majorité des interventions de maintenance, d'inspection, de nettoyage ou de réglage se font par des petites équipes (une à trois personnes) réparties sur plusieurs sites. Par conséquent, la supervision de ce type d'équipes devient de plus en plus difficile.

Globalement, les audits sont pratiqués dans le cas où le niveau de gestion est élevé. En effet, pour auditer, il faut avoir des ressources formées et disponibles pour suivre les travailleurs sur les chantiers. C'est pour cette raison que les audits ont, la plupart du temps, lieu dans le secteur industriel ou chez certains employeurs de grandes tailles. Toutefois, comme contre-exemple, il y avait dans notre échantillon un maître électricien sensibilisé à la problématique du cadenassage qui mettait des efforts pour auditer son unique employé. La taille de l'entreprise n'explique pas

tout. Les connaissances et l'importance donnée à la SST sont également déterminantes (tout comme pour le matériel de cadenassage et les procédures écrites).

4.2.3 Expériences des participants dans le contrôle des énergies sur les chantiers

Les entrevues avec les participants ont permis de collecter 95 expériences. Le Tableau 4.20 regroupe ces expériences selon chaque corps de métier et chaque type de chantier. Les participants étaient libres de choisir d'une à quatre expériences à partager, les plus représentatives pour eux, dépendamment de l'expérience de chaque intervenant. Les expériences décrites par les participants concernent en grande partie les chantiers commerciaux/institutionnels et industriels. Les chantiers résidentiels ont été moins abordés par les participants à l'exception des électriciens, car la pratique de cadenassage dans ce type de chantier est moins présente selon eux.

Tableau 4.20 Nombre d'expériences réparties par type de chantier et par corps de métier

Corps de métier	Expériences par type de chantier			
	Résidentiel	Commercial/Institutionnel	Industriel	Total
Électricien	5	10	12	27
Frigoriste	0	12	10	22
Mécanicien	0	4	10	14
Tuyauteur	1	17	14	32
Total	6	43	46	95

Les participants ont été questionnés sur les aspects organisationnels et techniques liés au contrôle des énergies dangereuses au cours de leurs interventions. Le niveau de préparation du MO, le type de méthode de contrôle des énergies utilisé et le suivi des travaux ont été annotés pour chaque expérience. La préparation comprend l'autorisation du MO à effectuer les travaux (articles 2.20.9 et 2.20.10 du CSTC), l'accueil et la vérification de la formation par le MO (art. 2.20.8). La méthode de contrôle des énergies inclut l'utilisation et l'application d'une procédure de cadenassage ou d'une méthode alternative. Trois types ont été classifiés : aucun contrôle d'énergie, travail sur un équipement hors énergie et l'application du cadenassage ou d'une méthode alternative justifiée (art. 2.20.4 à 2.20.7). Ensuite, le suivi inclut la vérification de l'application par le MO (art. 2.20.5) et la gestion des situations particulières (ex. oubli de cadenas ou perte de clé) (art. 2.20.12).

4.2.3.1 Électriciens

Les électriciens ont décrit 27 expériences liées au contrôle des énergies (Tableau 4.20). Le Tableau 4.21 résume, en fonction du type de chantier, la préparation au contrôle des énergies, la méthode adoptée pour ce contrôle ainsi que le suivi. Ces expériences comprennent les travaux des chantiers neufs (ex. nouvelle installation électrique) ainsi que les travaux des chantiers existants (ex. modification, rénovation).

Tableau 4.21 Expériences abordées par les électriciens en fonction des types de chantiers

Type de chantier	Contrôle des énergies dangereuses						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Oui	Non	Rien	Sans énergie	Cadenassage Ou méthode alternative	Oui	Non
Résidentiel	0/5	5/5	2/5	2/5	1/5	0/5	5/5
Commercial/Institutionnel	3/10	7/10	5/10	2/10	3/10	4/10	6/10
Industriel	9/12	3/12	1/12	1/12	10/12	8/12	4/12

- Résidentiel :** À travers l'analyse de ces résultats (Tableau 4.21), il s'avère que la préparation au contrôle des énergies est inexistante chez les électriciens sur les chantiers résidentiels. Cela revient au fait que le maître d'œuvre est souvent un particulier, il est donc évident qu'il ne dispose pas de procédures ou d'autorisations écrites, ce qui explique cette absence pour ce type de chantiers. La même remarque est valide pour l'accueil, l'information sur les risques et la vérification de la formation des intervenants dans ce type de chantiers, ces aspects sont quasiment absents. Par rapport aux méthodes utilisées pour le contrôle des énergies, dans 80 % des expériences abordées par les électriciens, les interventions se font sur des équipements hors tension (sans cadenas) ou sous tension (40 % à parts égales), tandis que 20 % des expériences partagées ont eu lieu en utilisant le cadenassage ou une alternative justifiée. De plus, dans la majorité de leurs interventions dans ces chantiers, ces travailleurs interviennent seuls, et par conséquent, la décision de contrôler les énergies dangereuses leur revient, dépendamment de leurs perceptions des risques affrontés et de leurs comportements vis-à-vis la nature de la tâche à réaliser. Enfin, le suivi de l'application du contrôle des énergies est pratiquement inexistant dans ce type de chantiers (100 %).

- **Commercial/ Institutionnel** : Les chantiers commerciaux représentent une similarité avec les chantiers résidentiels en termes de préparation au contrôle des énergies à cause de la particularité du client qui, dans la plupart des cas, n'est pas un connaisseur du domaine, et par conséquent, les procédures de contrôle sont absentes, ainsi que la formation au cadenassage dans 70 % des cas abordés. En termes de recours aux méthodes de contrôle, 20 % des interventions ont eu lieu hors tension sans cadenas, tandis que seulement 30 % ont procédé au cadenassage ou à une méthode alternative. Par rapport au suivi de l'application du contrôle des énergies, 60 % des cas n'ont pas eu de suivi au cours de leurs interventions.
- **Industriel** : En raison de la bonne structure de ce type de chantiers, la préparation au contrôle des énergies était présente dans 75 % des expériences partagées, les autorisations écrites délivrées par les MO, l'accueil et l'information des sous-traitants ainsi que la vérification de la formation des intervenants par le MO se font d'une manière routinière et quasi automatique dans la majorité des chantiers industriels. La structure et l'organisation de ces chantiers expliquent le pourcentage élevé des nombres d'expériences où le cadenassage ou une alternative justifiée étaient favorisés (83 %), idem pour le suivi qui était fait dans 67 % de ces interventions. Selon les électriciens, le manque d'encadrement du MO et des ressources consacrées au contrôle des énergies crée cette différence entre les chantiers industriels et les autres types de chantiers.

En plus de ces facteurs susmentionnés, les électriciens ont cité d'autres facteurs (Tableau 4.22) qui impactent leur choix de la méthode appropriée selon eux pour contrôler les énergies.

Tableau 4.22 Facteurs abordés par les électriciens

Facteurs abordés	Explications	Électriciens ayant évoqué ce facteur
Exigence du MO	Plus le MO est exigeant (planification, supervision), plus le contrôle des énergies est bien organisé.	10
Type de chantier	<ul style="list-style-type: none"> - Résidentiel : pas de cadenassage, travail hors tension quelquefois selon l'intervention. - Commercial/institutionnel : recours à la mise hors tension de l'équipement avec ou sans apposer le cadenas. - Industriel : cadenassage. 	10
Type d'intervention	<ul style="list-style-type: none"> - Intervention rapide (appel de service) : le cadenassage n'est pas utilisé par (i) manque de temps, (ii) le diagnostic de la défaillance nécessite la présence d'énergie. - Chantier de longue durée : dans la majorité des cas, ces chantiers sont structurés, et par conséquent, le cadenassage est appliqué. 	10
Phase des travaux	<ul style="list-style-type: none"> - Chantier neuf : pas de cadenassage la mise en service (phase d'installation) puisque les équipements ne sont pas encore alimentés. - Mise en service : contrôle des énergies - Chantier existant : le contrôle des énergies se fait dans les interventions de réparation, modification, démantèlement, changement. 	8
Coactivité	<ul style="list-style-type: none"> - Dans le cas de présence de plusieurs corps de métiers et/ou le point de coupure d'énergie ne peut pas être contrôlé visuellement, l'électricien a tendance à contrôler l'énergie. 	6

Tableau 4.22 Facteurs abordés par les électriciens (suite et fin)

Facteurs abordés	Explications	Électriciens ayant évoqué ce facteur
Risque	Plus le risque est jugé élevé, plus le recours au cadenassage est favorisé : - Voltage élevé	3
Conviction du travailleur	La perception des risques diffère d'un travailleur à un autre. Un risque perçu par un travailleur comme élevé, ne l'est pas nécessairement chez d'autres travailleurs. Les électriciens sont souvent amenés à prendre la décision de se cadenasser ou non, dépendamment de leurs convictions. Ils choisissent de se cadenasser ou non pour gagner du temps afin que leurs interventions soient rapides dans l'objectif de donner une bonne image sur eux.	6
Impact de la coupure sur la production	La planification de la coupure (moment et durée) entre le MO et le sous-traitant, l'impact sur les usagers, la facilité d'identification du point de coupure et le nombre de circuits électriques impliqué influenceront le fait de travail hors ou sous tension.	4
Voltage	La majorité des travailleurs interrogés ont tendance à travailler sous tension dans le cas des interventions sur des équipements de basse tension (120/240/347V). Le travail sous tension sur des équipements alimentés par 120 V n'est pas dangereux à leur avis. En revanche, ils travaillent parfois hors tension sans apposer de cadenas sur des équipements de 600 V et plus.	3

En plus du niveau d'exigence du MO, le travail sous tension ou hors tension peut être influencé par le type d'intervention (ex. appel de service) (10/10), l'impact de la coupure d'énergie sur les usagers et sur la production (4/10), la facilité d'identification et d'accès au point de coupure d'énergie (ex. points non ou identifiés, schémas non mis à jour) (6/10), le type de voltage et le niveau de risque de la tâche (3/10) et la conviction du travailleur de l'importance d'application du cadenas. De manière générale, le cadenassage ralentit les travaux et demande des ressources associées (ex. coordinateur d'isolement). Les travailleurs ne sont pas tous à l'aise avec les

procédures écrites. La question de l'application du cadenassage sur les chantiers dépend de la dualité « contraintes versus avantages ».

4.2.3.2 Frigoristes

Les 22 expériences partagées par les frigoristes ne concernent que les chantiers commerciaux/institutionnels et industriels (Tableau 4.23) où ils interviennent principalement. Les chantiers résidentiels n'ont donc pas été abordés par ce corps de métier. Les interventions décrites par les frigoristes concernent des maintenances correctives (réparation des pannes, changement des systèmes) et des maintenances préventives (inspection, changement périodique des filtres, nettoyage). Le Tableau 4.23 croise le contrôle des énergies (préparation, méthode utilisée et suivi) par type de chantier. L'analyse du tableau révèle une différence dans le contrôle des énergies entre les deux types de chantiers.

Tableau 4.23 Expériences décrites par les frigoristes en fonction des types de chantiers

Type de chantier	Contrôle des énergies dangereuses						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Oui	Non	Rien	Sans énergie	Cadenassage ou méthode alternative	Oui	Non
Commercial/Institutionnel	0/12	12/12	0/12	12/12	0/12	0/12	12/12
Industriel	7/10	3/10	0/10	1/10	9/10	4/10	6/10

- **Les chantiers commerciaux/institutionnels** abordés par les frigoristes touchent les épiceries, les restaurants, les hôpitaux, les immeubles à bureaux et les municipalités. La préparation au contrôle des énergies est inexistante dans ce type de chantier (12/12). La méthode de contrôle des énergies la plus répandue consiste à mettre à OFF le sectionneur local et vérifier l'absence du courant, sans apposer le cadenas (12/12). Aucune procédure écrite n'est élaborée ni de la part du MO ni de la part du sous-traitant. En ce qui concerne la formation, la seule indication que le travailleur reçoit est l'endroit de l'équipement en cause (ex. Tableau 4.16), idem pour le suivi, qui est pratiquement absent.
- **Les chantiers industriels** sont plus exigeants en termes de contrôle des énergies. L'accueil et l'information des frigoristes par le MO sont présents dans 70 % des expériences décrites.

Cet accueil concerne la formation du frigoriste sur les risques auxquels il pourra faire face, l'élaboration d'une fiche spécifique de contrôle des énergies, surtout dans les industries lourdes, ou un permis de travail et la fourniture du matériel nécessaire. La méthode utilisée pour contrôler les énergies dans ce type de chantier est souvent le cadenassage (90 %). Dépendamment du MO, le frigoriste se charge de préparer le cadenassage ou de prendre part au cadenassage préparé par le MO. Cependant, le suivi est moins présent pour ce corps de métier (40 %) comparativement aux électriciens. La fin des travaux se documente par la clôture du permis du travail ou de la fiche de cadenassage.

Le cadenassage n'est pas toujours la méthode utilisée par les frigoristes durant leurs interventions, plusieurs facteurs agissent sur leurs décisions lors du choix de la méthode de contrôle appropriée tel qu'il est présenté dans le Tableau 4.24.

Tableau 4.24 Facteurs abordés par les frigoristes quant au choix de la méthode de contrôle des énergies

Facteurs abordés par les frigoristes	Explications	Frigoristes ayant évoqué ce facteur
Exigences du MO	Si le MO exige le cadenassage, le frigoriste l'applique. Sinon, il applique une méthode de contrôle qui lui semble appropriée. La méthode la plus répandue consiste à mettre à OFF le sectionneur local et vérifier l'absence du courant, sans apposer le cadenas.	8
Type d'intervention	Pour les interventions de diagnostic, le besoin d'énergie impose au frigoriste de travailler sous tension, tandis qu'au moment de la réparation, le travail se fait hors tension. L'installation et la mise en marche imposent au frigoriste la coordination avec l'électricien.	7

Tableau 4.24 Facteurs abordés par les frigoristes quant au choix de la méthode de contrôle des énergies (suite et fin)

Facteurs abordés par les frigoristes	Explications	Frigoristes ayant évoqué ce facteur
Sectionneur local et lieu isolé	Le frigoriste a tendance à ne pas se cadenasser s'il a le contrôle du sectionneur local de l'équipement. Il se contente de mettre le sectionneur à OFF et vérifie l'absence de tension. S'il n'y a pas de sectionneur local ou s'il est loin de sa zone de travail, il posera son cadenas personnel. Par ailleurs, si un sectionneur contrôle l'alimentation de plusieurs unités, le frigoriste peut recourir à une méthode de travail qui n'arrête que l'équipement concerné par l'intervention (ex. déconnexion des fils d'alimentation).	6
Coactivité	La présence d'un autre travailleur à proximité pousse le frigoriste à apposer un cadenas.	4
Niveau de risque	Plus le niveau de risque perçu par le frigoriste est élevé, plus il a tendance à appliquer son cadenas.	1

4.2.3.3 Mécaniciens

L'échantillon des mécaniciens rencontrés se compose de 9 neuf mécaniciens industriels qui ont décrit 14 expériences représentatives liées au contrôle des énergies dangereuses (Tableau 4.25). Ces mécaniciens travaillent principalement dans les industries lourdes (ex, chantiers pétroliers, usines de fonderie...). Un mécanicien d'ascenseur a été ajouté afin d'enrichir l'échantillon à travers le partage de 4 expériences représentatives dans les chantiers commerciaux/institutionnels. Ce dernier intervient sur des équipements tels que les escaliers mécaniques, les ascenseurs et les monte-charges dans le cadre des entretiens préventifs ou des appels de service. Les mécaniciens industriels interviennent sur plusieurs types d'équipements tels que les convoyeurs, les moteurs, les unités de ventilation, des pompes, des fours, etc.

Tableau 4.25 Expériences décrites par les mécaniciens en fonction des types de chantiers partagés

Type de chantier	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Oui	Non	Rien	Sans énergie	Cadenassage ou méthode alternative	Oui	Non
Commercial/Institutionnel	0/4	4/4	0/4	4/4	0/4	0/4	4/4
Industriel	10/10	0/10	0/10	0/10	10/10	9/10	1/10

- Chantiers industriels :** La préparation au contrôle des énergies dans ce type de chantiers se fait dans les règles de l'art, conformément au CSTC, et ce, à travers l'accueil des travailleurs, la formation spécifique sur l'équipement et les risques associés, la supervision, l'élaboration des fiches de cadenassage ou des permis de travail, la fourniture et la préparation du matériel de cadenassage. L'ensemble des mécaniciens industriels ont confirmé que le cadenassage constitue une étape primordiale dans leurs interventions. Cette veille sur l'application de cadenassage est justifiée. En plus de l'organisation et la structure du MO, par la nature risquée des travaux qui pousse ces travailleurs à intervenir à l'intérieur des équipements susmentionnés.
- Chantiers commerciaux/institutionnels :** Les expériences du mécanicien d'ascenseur expriment une réalité différente à celle des mécaniciens industriels. La préparation au contrôle des énergies et le suivi sont inexistantes sur les chantiers commerciaux/institutionnels contrairement aux chantiers industriels, l'accueil, la formation et les l'élaboration d'une fiche de cadenassage sont des éléments inexistantes dans ces chantiers. Quant au contrôle des énergies, le travail hors tension sans cadenas est la méthode la plus utilisée lors des interventions pour des entretiens préventifs ou des appels de service à travers l'utilisation du système de commande sur le toit de la cabine et l'activation d'arrêt d'urgence. Le recours au cadenassage n'est favorisé que lorsque les interventions sont de longue durée.

Le recours au cadenassage ou non est assujéti à plusieurs facteurs qui influencent la prise de cette décision, à savoir :

- La nature des travaux : Pour le cas des diagnostics, les travailleurs ont besoin d'énergiser l'équipement en cause, et par conséquent, le cadenassage n'est pas appliqué. Pour se sécuriser, les mécaniciens recourent à un décadenassage temporaire de groupe et la délimitation d'un périmètre de sécurité.
- La durée des travaux : Ce facteur concerne le mécanicien d'ascenseur, qui, au cours d'une intervention de courte durée, se servira du système de commande (ex. arrêt d'urgence) au lieu de se cadenasser.

4.2.3.4 Tuyauteurs

Les tuyauteurs rencontrés ont abordé une expérience en milieu résidentiel, 17 expériences en commercial/institutionnel (ex. hôpitaux, universités, centres d'achats) et 14 expériences en industriel (ex. industrie agroalimentaire, industrie pétrochimique, industrie manufacturière). Ces interventions ont eu lieu sur plusieurs types d'équipements tels que : les pompes, les chaudières, les systèmes de chauffage à eau, etc. Les travaux concernent : l'installation, la réparation, le démantèlement, les modifications/changements. Ces travaux se font généralement à deux au minimum (apprenti et compagnon). Le Tableau 4.26 regroupe les expériences partagées par les tuyauteurs en fonction des types de chantiers et en fonction des aspects de contrôle des énergies.

Tableau 4.26 Expériences décrites par les tuyauteurs en fonction des types de chantiers

Type de chantier	Contrôle des énergies						
	Préparation		Méthode utilisée			Suivi	
	Oui	Non	Rien	Sans énergie	Cadenassage ou méthode alternative	Oui	Non
Résidentiel	0/1	1/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
Commercial/ Institutionnel	4/17	13/17	0/17	10/17	7/17	4/17	13/17
Industriel	11/14	3/14	0/14	4/14	10/14	9/14	5/14

- **Chantiers résidentiel, commercial/institutionnel** : D'après le Tableau 4.26, il s'avère qu'il existe une similarité entre les tuyauteurs, les frigoristes et les électriciens en termes de préparation et de suivi du contrôle des énergies dans les chantiers résidentiels (1/1) et commerciaux/institutionnels (13/17), où cet aspect est absent. L'accueil, comme dans les cas des autres corps de métier précités, se résume dans l'indication de l'emplacement de l'équipement en cause et la détermination des travaux à réaliser. En ce qui concerne la méthode utilisée pour contrôler les énergies, les tuyauteurs se contentent de mettre le sectionneur hors tension, fermer les valves et débrancher la tuyauterie, puis vérifier l'absence d'énergie sans apposer de cadenas. Les tuyauteurs ont souligné que le cadenassage se fait dans certains cas d'une manière partielle (ex. contrôle d'une seule source d'énergie, souvent l'électricité) ou réalisé par un autre intervenant (ex. électricien, contremaître). Le cadenassage est appliqué aussi dans certains cas pour prévenir les dégâts matériels. Contrairement aux petits chantiers commerciaux/institutionnels (ex. épiceries, restaurants), les grands chantiers commerciaux/institutionnels (ex. hôpitaux) ressemblent aux grands chantiers industriels en termes de préparation, d'application et du suivi du cadenassage.
- **Chantiers industriels** : Dans la majorité des chantiers industriels partagés par les tuyauteurs, tout comme pour les autres corps de métier, la préparation au cadenassage se fait conformément à la réglementation en vigueur, à travers l'accueil des travailleurs par le MO, l'élaboration d'une fiche de cadenassage spécifique (parfois) et la fourniture du matériel de cadenassage. Dans certains cas, et pour une sécurité optimale, le cadenassage simple des valves est insuffisant à cause de la nature des produits en cause (ex. acides) et de leur pression dans le circuit. Dans ce cas, les tuyauteurs ajoutent des purges et/ou des obturations pour assurer leur sécurité en cas de déficience des valves.

Les facteurs évoqués par les tuyauteurs pour le choix de la méthode de contrôle des énergies sont présentés au Tableau 4.27.

Tableau 4.27 Facteurs décrits par les tuyauteurs

Facteurs abordés	Explications	Tuyauteurs ayant évoqué ce facteur
Exigence du MO	Plus le MO est exigeant (planification, supervision), plus le contrôle des énergies est bien organisé.	10
Type de chantier	Commercial/institutionnel : recours à la mise hors tension de l'équipement sans apposer le cadenas. Industriel : cadenassage	10
Type d'intervention	<ul style="list-style-type: none"> - Intervention rapide (appel de service) : le cadenassage n'est pas utilisé par (i) manque de temps, (ii) le diagnostic de la défaillance nécessite la présence d'énergie. - Chantier de longue durée : dans la majorité des cas, ces chantiers sont structurés. 	8
Phase des travaux	<p>Le choix de la méthode de contrôle d'énergie appropriée dépend de la phase des travaux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chantier neuf : avant ou après les branchements - Chantier existant : énergies présentes 	8
Type d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Dans les cas où ils agissent sur des conduits d'eau, les travailleurs ont tendance à ne pas se cadenasser, mais au moins à couper le circuit hydraulique, notamment pour limiter les dégâts matériels. Dans les cas d'interventions sur des conduits d'acides, ils se cadenassent et gèrent les énergies résiduelles. <p>En cas de présence de l'énergie électrique, l'implication de l'électricien peut être demandée.</p> <p>Les tuyauteurs sont parfois amenés à travailler en coactivité avec les électriciens. Dans ces situations, les tuyauteurs se fient ou pas au cadenassage de l'électricien selon le niveau de conscience de ce dernier. Si l'électricien accorde une grande importance au cadenassage, le tuyauteur ne se cadenasse pas et se contente du cadenas apposé de l'électricien, sinon il appose son propre cadenas.</p>	6

Tableau 4.27 Facteurs décrits par les tuyauteurs (suite et fin)

Facteurs abordés	Explications	Tuyauteurs ayant évoqué ce facteur
Risque	Plus le risque est jugé élevé, plus le recours au cadenassage est favorisé : - Voltage élevé - Pression élevée - Produit dangereux (ex. acide)	8
Coactivité	Si d'autres intervenants sont présents, le tuyauteur préfère se cadenasser.	3
Point de coupure	Si le point de coupure n'est pas accessible, le tuyauteur se cadenasse, à moins que le point de coupure rentre dans son champ de vision.	3
Conviction du travailleur	La perception des risques diffère d'un travailleur à un autre. Dépendamment de leurs convictions, ils choisissent de se cadenasser ou non pour gagner du temps afin que leurs interventions soient rapides dans l'objectif de donner une bonne image sur eux.	3

L'absence de l'énergie dans certaines phases des travaux ne demande pas de cadenassage (ex. phase de construction et d'installation). Par la suite, l'exigence du MO a un impact direct sur la méthode de contrôle à adopter. Dans le cas où le MO n'implique aucune méthode, la décision revient au tuyauteur. Dans la majorité des cas, il préfère travailler sur un équipement sans énergie, mais sans apposer de cadenas (10/10). Ensuite, le niveau de risque (8/10), la phase des travaux (8/10), le type d'énergie où les tuyauteurs peuvent dépendre des électriciens quant au cadenassage des parties électriques (6/10), la coactivité (3/10) et la conviction (3/10) sont des facteurs essentiels qui agissent sur la décision des tuyauteurs à choisir la méthode de contrôle des énergies.

4.2.4 Synthèse des résultats

Le Tableau 4.28 regroupe l'ensemble des expériences représentatives abordées par les participants en fonction du corps de métier et du type de chantier.

Tableau 4.28 Synthèse des expériences décrites par les participants selon le type de chantier et le corps du métier

Type de chantier Corps de métier	Contrôle des énergies						
	Préparation MO		Méthode utilisée			Suivi MO	
	Oui	Non	Rien	Sans énergie	Cadenassage ou méthode alternative	Oui	Non
Résidentiel							
- Électricien (5)	0/5	5/5	2/5	2/5	1/5	0/5	5/5
- Tuyauteur (1)	0/1	1/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
Total (résidentiel)	0/6	6/6	2/6	3/6	1/6	0/6	6/6
Commercial/Institutionnel							
- Électricien (10)	3/10	7/10	5/10	2/10	3/10	4/10	6/10
- Frigoriste (12)	0/12	12/12	0/12	12/12	0/12	0/12	12/12
- Mécanicien (4)	0/4	4/4	0/4	4/4	0/4	0/4	4/4
- Tuyauteur (17)	4/17	13/17	0/17	10/17	7/17	4/17	13/17
Total (commercial/Institutionnel)	7/43	36/43	5/43	28/43	10/43	8/43	35/43
Industriel							
- Électricien (12)	9/12	3/12	1/12	1/12	10/12	8/12	4/12
- Frigoriste (10)	7/10	3/10	0/10	1/10	9/10	4/10	6/10
- Mécanicien (10)	10/10	0/10	0/10	0/10	10/10	9/10	1/10
- Tuyauteur (14)	11/14	3/14	0/14	4/14	10/14	9/14	5/14
Total (industriel)	37/46	9/46	1/46	6/46	39/46	30/46	16/46

D'après les résultats susmentionnés, le contrôle des énergies dangereuses sur les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels est quasi inexistant à l'exception de quelques grands chantiers commerciaux/institutionnels qui représentent une certaine similarité avec les chantiers industriels en termes de préparation, d'application et de suivi du cadenassage. Cette inexistence de contrôle des énergies est due à la particularité du MO qui n'est pas un connaisseur du domaine (ex. propriétaire d'une maison, gérant d'un magasin...). Dans ces cas, les travailleurs choisissent la méthode appropriée selon eux pour contrôler les énergies. Dans la majorité des cas, ils préfèrent isoler les sources d'énergie sans apposer le cadenas sur les points de coupure. Les travailleurs ont

souligné que les interventions en présence d'énergie ne se font que dans les travaux de diagnostic. En revanche, les électriciens interviennent régulièrement sous tension.

Dans la majorité des chantiers industriels, le MO est bien défini conformément au CSTC, et par conséquent, les rôles et les responsabilités en lien avec le contrôle des énergies sont établies. Les chantiers industriels, tous corps de métier confondus, représentent le type de chantier le plus structuré et organisé en termes d'accueil, d'information sur les risques (80 %) et de suivi d'application (65 %), comparativement aux autres types de chantiers. Quant à la méthode de contrôle d'énergie, le cadenassage est la méthode privilégiée dans 85 % des expériences décrites pour ces chantiers.

Les différences des pratiques de cadenassage précitées (Tableau 4.28) entre les chantiers industriels et les chantiers résidentiels, commerciaux/institutionnels mettent en exergue les écarts existants entre les exigences réglementaires et la réalité de cette pratique dans ce secteur au Québec. Les témoignages des participants reflètent un manque de conviction de l'importance et de l'utilité du cadenassage comme méthode de contrôle des énergies pour la plupart d'entre eux. Les participants ont souligné que sur certains chantiers, le cadenassage est considéré comme une procédure qui ralentit les travaux et qui nécessite des ressources additionnelles (ex. coordonnateur de cadenassage, paperasse, matériel). Les MO tentent de déléguer cet aspect aux sous-traitants, laissant ainsi un vide quant à la prise des responsabilités du MO liées au contrôle des énergies.

Le manque d'organisation et d'encadrement de la part du MO peut créer des situations dangereuses surtout que ce secteur connaît des spécificités (ex. rotation des équipes, changement spatio-temporel, résistance aux changements) telles qu'elles sont abordées dans la revue de littérature, qui peuvent aggraver de telles situations.

La négligence dans le contrôle des énergies a des conséquences néfastes, l'analyse des accidents abordée dans le chapitre précédent et les statistiques détaillées dans la revue de littérature confirment la gravité de ce genre d'accidents. D'ailleurs, 86 % des participants ont confirmé avoir été victimes ou témoins d'un accident en lien avec le contrôle des énergies.

Le niveau d'exigence du MO ainsi que l'encadrement représentent un facteur déterminant quant au choix de la méthode de contrôle des énergies. Le travailleur recourt, pour choisir une méthode qui lui semble appropriée, à plusieurs facteurs pour prendre sa décision dans le cas où le MO n'exige pas de méthode définie. Le Tableau 4.29 résume les facteurs évoqués par les participants dans les expériences représentatives (Tableau 4.22, Tableau 4.24, Tableau 4.27).

Tableau 4.29 Synthèse des facteurs qui influencent le choix de la méthode de contrôle, abordés par les participants

Facteurs	Explications
Exigences du MO	- Exigences du MO : planification et encadrement
Type de chantier	- Industriel > Institutionnel > Commercial > Résidentiel.
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/perception du risque	- Marge de manœuvre disponible (ex. impact de la coupure d'énergie) - Connaissances et acceptation du risque

(i) Le type de construction (neuf ou rénovation) : Sur les chantiers neufs, les énergies sont inexistantes. Les travailleurs, surtout les électriciens, agissent sur des équipements non énergisés, les seules sources d'énergie à gérer sont celles de l'installation temporaire qui sert à alimenter les outils de travail et l'éclairage du chantier. Pour les tuyauteurs, les frigoristes et les mécaniciens, dans ce type de construction, la phase où le cadenassage est sollicité, est celle de branchement et de mise en service de l'installation. Au cours de cette phase, ce sont les électriciens qui coordonnent cette démarche avec les autres corps de métiers, bien que cette coactivité puisse générer plusieurs problèmes en termes d'organisation et de respect de consignes surtout lors de l'absence d'un coordonnateur de travaux, comme les travailleurs interrogés nous l'ont confié. Pour les chantiers de rénovation, le cadenassage dépend des circonstances de l'installation et de l'organisation.

- Dans le cas des électriciens, le contrôle des énergies est souvent appliqué dans les chantiers industriels, commerciaux/institutionnels lourds. Cependant, dans les chantiers résidentiels et commerciaux légers, ils se contentent dans la majorité de leurs

interventions, soit de la coupure de courant sans apposer le cadenas, ou ils prennent le risque de travailler sous tension.

- Pour les frigoristes, ils se contentent de mettre à OFF le sectionneur local de l'équipement en question et de vérifier l'absence de l'énergie.
- Quant aux mécaniciens, le cadenassage se fait d'une manière quasi-systématique dans la majorité de leurs interventions, surtout qu'ils travaillent uniquement sur les chantiers industriels, de génie civil, ou les chantiers commerciaux lourds.
- Pour les tuyauteurs, cela dépend du type de chantier tel qu'on a susmentionné (pas de cadenassage dans les chantiers résidentiels).

(ii) Le type d'intervention (appels de service ponctuels ou chantiers de longue durée) : pour ce deuxième facteur, si c'est une urgence, les travailleurs n'ont pas tendance à se cadenasser, faute de pression de travail et de temps. S'il s'agit d'un travail de longue durée, il se peut qu'ils appliquent le cadenassage.

- *Les électriciens* ont révélé que lors des appels de service, le travail se fait d'une façon rapide. Par conséquent, l'intervention se fait sur le compte du temps que le travailleur devra consacrer pour contrôler ses énergies, à moins que le maître d'œuvre lui demande de le faire. Sinon, dans la majorité des cas, ces interventions se font soit sous tension (l'utilisation des habits arc-flash est très rare et peu pratique à leur avis) ou en mettant à OFF les dispositifs d'isolation d'énergie.
- *Les frigoristes* : Les entretiens planifiés sont plus structurés en termes de contrôle des énergies, contrairement aux interventions de diagnostic où le contrôle de l'énergie en question se résume dans la permutation ON/OFF du sectionneur.
- *Les mécaniciens* : La majorité d'entre eux ont répondu que le cadenassage est appliqué, peu importe le type d'interventions, à part les opérations de *troubleshooting* (dépannage), où les équipements concernés doivent rester alimentés.
- *Les tuyauteurs* : Les appels de service se font souvent par une personne, et par conséquent, la décision de se cadenasser revient au travailleur. Pour les dépannages, idem que les autres corps de métier.

- (iii) Les installations temporaires servent à alimenter les outils et les équipements utilisés pour la réalisation des travaux sur des chantiers neufs. Pour ce type d'installations, le cadenassage n'est pas appliqué par les électriciens, idem pour les frigoristes, les mécaniciens et les tuyauteurs, à part des cas dans l'industriel.
- (iv) La coactivité des divers corps de métier : dans une telle situation, les électriciens se cadenassent dans la majorité des cas, surtout s'ils travaillent avec des intervenants autres que les électriciens. Pour les autres corps de métier, la gestion du cadenassage dans le cadre de la coactivité se fait, dans la plupart des situations, à travers la coordination avec l'électricien.
- (v) L'accessibilité aux points de coupure et la facilité d'application du cadenassage, notamment la présence de point de coupure cadenassables qui ne nécessite pas l'ajout d'un accessoire pour pouvoir apposer le cadenas.
- (vi) Le type et la gravité d'énergie, on parle de la nature de l'énergie en question, à titre d'exemple, pour le cas des électriciens, on parle du voltage en cause, le travail sur des équipements alimentés par 120 V n'est pas similaire à la manipulation des installations nécessitant 600 V. Pour les tuyauteurs, des conduits contenant des produits chimiques ne seront pas manipulés de la même manière que des conduits d'eau, le risque est différent, et par conséquent, le niveau de contrôle des énergies ne sera pas le même.
- (vii) Le niveau de contrôle visuel et spatial sur les dispositifs d'isolement est un facteur qui agit sur la décision d'apposer un cadenas. Le travailleur a tendance à se cadenasser si le dispositif n'est pas sous son contrôle visuel et/ou le travailleur intervient en présence des autres corps de métier (coactivité).

La diversité des chantiers et des types d'interventions et d'installations, le changement dynamique que ce secteur connaît et le manque d'encadrement rendent le cadenassage difficile à appliquer, ce qui laisse le choix, dans la plupart des cas, au travailleur à choisir la méthode appropriée pour contrôler les énergies, dépendamment des facteurs décrits dans la Figure 4.1 qui les regroupe d'une manière simplifiée selon la méthode 5M (matière, matériel, main-d'œuvre, méthode, milieu). Cette méthode est utilisée dans la gestion des risques des projets et la gestion de la qualité, d'autres méthodes pourraient être utilisées. Les facteurs les plus influents sont représentés en gras dans la Figure 4.1.

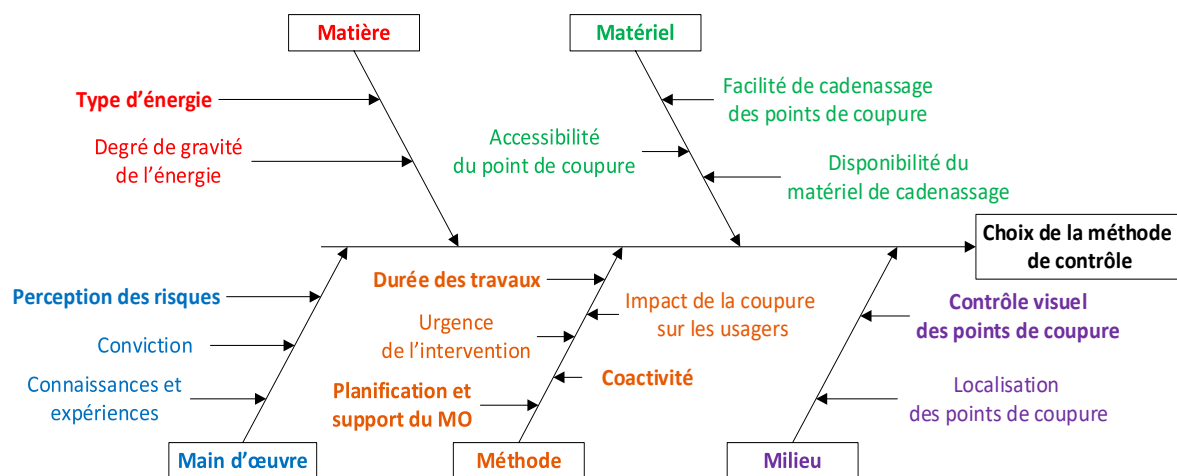


Figure 4.1 Diagramme causes-effets des facteurs influant sur le choix de la méthode de contrôle des énergies dangereuses selon les participants

CHAPITRE 5 DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

L'analyse des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies au Québec, entre 1990 et 2017, a permis de conclure qu'en moyenne, un décès par an est enregistré au cours de cette période, causé par ce genre de situations. On note que les électriciens et leurs assimilés représentent la moitié de l'échantillon étudié. Les chantiers commerciaux et industriels représentent 75 % des cas à parts égales. Le contact direct ou indirect avec une pièce sous tension compte pour 66 % des cas, le contact avec des pièces en mouvement compte pour les 34 % restants. D'ailleurs, l'ensemble des corps de métier rencontrés dans les entrevues ont rapporté des incidents ou des passés-proches et pas seulement en lien avec l'électricité (ex. vapeur, éléments tournants, produits chimiques).

La revue de littérature a démontré l'existence de plusieurs lacunes techniques et organisationnelles liées à la gestion du contrôle des énergies dans l'industrie de la construction. Ces lacunes ont permis de proposer une série de recommandations, qui vont pouvoir aider à corriger ces lacunes dans ce secteur, non seulement au Québec, mais partout dans le monde. En plus, de ces recommandations proposées, d'autres recommandations ont été abordés pour améliorer cette pratique dans ce secteur au Québec, spécifiquement ceux qui concernent l'aspect légal et réglementaire, et partout dans le monde.

Les entrevues avec les travailleurs ont permis de conclure que ces derniers ont tendance à ne pas se cadenasser quand le MO ne l'exige pas, spécifiquement pour les tuyauteurs, les électriciens et les frigoristes. Les mécaniciens constituent un corps de métier à part. La majorité de leurs travaux se font dans des chantiers industriels structurés. Dans la plupart des cas où l'encadrement du MO est moins présent, les travailleurs ont tendance à isoler les énergies en cause et vérifier leur absence effective, ou travailler sous tension. Le recours aux méthodes alternatives n'est pas assujéti à une analyse des risques préalable tel qu'il est stipulé par le CSTC, à l'exception de certains chantiers industriels. Le choix de la méthode appropriée dépend des facteurs précités dépendamment des spécificités de chaque corps de métier.

5.1 Contributions de la recherche

Afin de mieux promouvoir l'application du cadenassage dans le secteur de la construction, des recommandations basées sur les expériences et les suggestions des participants à l'étude, les problématiques issues de la revue de littérature et l'analyse des accidents liés au contrôle des énergies au Québec, sont détaillées. Ces recommandations concernent les intervenants du secteur,

les MO, les concepteurs d'équipement, les responsables d'études des projets et les propriétaires d'installation.

5.1.1 Recommandations organisationnelles

5.1.1.1 Conception des dispositifs d'isolation d'énergie

La présence des points de coupure d'énergie cadenassables motive les travailleurs à se cadenasser, spécifiquement dans les situations où le travailleur est le maître de sa décision.

Il est donc important que les concepteurs, les responsables d'études des projets et les propriétaires d'installation garantissent la présence des éléments suivants :

- Prise en considération des interventions de diagnostic lors de la conception des équipements, où l'alternance « ON-OFF » à maintes reprises et l'alimentation de certains équipements sont sollicités. L'application de procédures de cadenassage dans telles situations est difficile. Le cas des frigoristes où le panneau de contrôle et le panneau de puissance sont souvent rapprochés est un bon exemple. Les interventions de diagnostic représentent un sérieux risque pour les travailleurs, et pour cela, ce type d'intervention devra faire l'objet d'une planification et d'une application stricte de procédure de contrôle des énergies.
- Identification des équipements et des dispositifs d'isolation d'énergie et mise à jour des schémas afin de distinguer facilement chaque composant. Les participants ont souligné que dans le cas où les dispositifs sont mal ou non identifiés, deux cas de figure s'imposent : (i) soit ils travaillent sous tension, ou (ii) ils essaient d'identifier le dispositif en créant un court-circuit pour le faire sauter.
- Installation des dispositifs d'isolement cadenassables sans devoir recourir à des accessoires. Les intervenants peuvent contribuer à l'amélioration de cet aspect à travers la sensibilisation et la négociation avec le MO avant le début des travaux.
- Installation des points de coupure à proximité de l'équipement afin d'avoir un contrôle localisé sur le circuit et l'équipement en question sans arrêter des équipements non concernés sur le même circuit.
- Facilité d'accès aux dispositifs d'isolement d'énergie en éliminant tous les obstacles à proximité et en planifiant cet accès dans le cas où l'emplacement est spécifique (ex. local technique), à travers la préparation des procédures et des ressources nécessaires.

5.1.1.2 Planification des travaux

À travers les résultats précités, plusieurs points devraient être éclaircis avant le démarrage des travaux à savoir :

- Définir clairement le MO sur le chantier afin de le responsabiliser sur les aspects liés au contrôle des énergies, tels que la préparation des procédures, la vérification des formations des intervenants, la fourniture du matériel du cadenassage, etc.
- Définir le ou les coordonnateurs des opérations de cadenassage, les ressources nécessaires (ex. présence d'un électricien en cas de besoin) pour le cadenassage ainsi que les canaux de communication entre les intervenants.
- La prise en compte du temps nécessaire pour le cadenassage en l'intégrant au temps dédié à l'intervention et le compter comme une étape essentielle parmi les tâches de l'intervention. Ce point nous réfère à une étude menée par Badiane et al. (2016) qui a démontré que le cadenassage peut faire partie du planning de production comme un sous-composant des activités de maintenance sans nuire aux objectifs économiques, tout en préservant la santé et la sécurité des travailleurs.

Ces points sont problématiques sur les chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels, car la planification et la définition du MO ne sont pas toujours déterminées, à cause de la méconnaissance ou du manque d'expérience de ce dernier (ex. client particulier, gérant d'un restaurant), à l'exception de certains cas où le sous-traitant anticipe la détermination de ces rôles et de ces responsabilités avec le MO par expérience. Sur les chantiers industriels, l'entreprise hôte assume souvent ses responsabilités et ces rôles en tant que MO. Sur ces chantiers, les sous-traitants sont soumis clairement aux règles du MO (Chinniah et al., 2019). Il est à noter que le CSTC ne fait pas de différence en termes de type de chantier pour la définition du MO,. Cependant, cette définition est plus adaptée au secteur industriel que les autres types de chantiers, et donc, il serait important de redéfinir la notion du MO et des responsabilités liées, en prenant en considération les spécificités de chaque type de chantier.

5.1.1.3 Formation et matériel de cadenassage

Les rôles et les responsabilités du MO vont au-delà de la planification des travaux, la formation et la fourniture du matériel nécessaire pour le cadenassage aux sous-traitants font aussi partie de ses responsabilités. En ce qui concerne la formation, il serait important de :

- Prendre en considération l'écart existant entre la formation assurée au DEP et la réalité : au cours de leur formation, les apprentis se forment à travailler sur des équipements hors tension, alors que sur le terrain, ce n'est pas toujours le cas.
- Adopter une formation par alternance pour combiner les aspects théorique et pratique.
- Inclure le module de contrôle des énergies dans le test de passage apprenti-compagnon
- Organiser des campagnes de sensibilisation et la planification des formations périodiques sur le contrôle des énergies pour conscientiser les travailleurs davantage afin de changer les habitudes non sécuritaires adoptées sur les chantiers (ex. travail sous tension).
- Standardiser le vocabulaire afin d'éviter des problèmes de communication : lorsqu'on dit « fermer le disjoncteur » c'est-à-dire mettre à ON. Lorsqu'on dit « ouvrir le disjoncteur », c'est-à-dire mettre à OFF. Pour la lumière c'est l'inverse « fermer la lumière », « ouvrir la lumière ».
- Superviser et auditer les sous-traitants sur le contrôle des énergies sur les chantiers par le MO ou par l'employeur et suivre de près les opérations de contrôle des énergies tout en mettant moins de pression sur les travailleurs dans le but d'améliorer cette pratique.

Pour le matériel de cadenassage, l'attribution du matériel de cadenassage durant la formation professionnelle pourra être une mesure incitative pour les travailleurs à se cadenasser, peu importe les conditions, ce qui donnera une indépendance du travailleur par rapport au matériel de cadenassage.

5.1.1.4 Procédure de cadenassage et appréciation des risques

À part les chantiers industriels et quelques grands chantiers commerciaux/institutionnels, les procédures spécifiques au contrôle des énergies dangereuses sont quasi-inexistantes.

Tel qu'il est susmentionné, la méconnaissance et le manque d'expertise chez les MO empêche l'élaboration des procédures spécifiques au contrôle des énergies dangereuses, ainsi que l'analyse

des risques associés. Il serait intéressant de fournir des procédures de contrôle des énergies simples et spécifiques à chaque corps de métier ainsi qu'une grille d'appréciation des risques pour gérer les cas non complexes, telles que la CMEQ (2017) a mis à la disposition des électriciens et des divers intervenants, un programme de prévention qui aborde des modèles de procédure et de fiche de cadenassage.

5.2 Recommandations spécifiques à chaque corps de métier

En plus des recommandations organisationnelles, les participants ont évoqué des aspects spécifiques à chaque corps de métier, qui peuvent améliorer leur pratique de contrôle des énergies, dépendamment des spécificités de chaque corps de métier.

5.2.1 Frigoristes

Les problèmes rencontrés par les frigoristes concernent souvent l'identification des points de coupure et l'intervention sur des équipements ayant une conception spécifique. Les recommandations des frigoristes sont :

- L'installation d'un sectionneur local identifié et cadenassable.
- La séparation du panneau de contrôle et du panneau de puissance.

5.2.2 Mécaniciens

Les recommandations des mécaniciens portent sur :

- La simplification des procédures.
- Le jumelage des apprentis avec des compagnons rigoureux et des audits systématiques avant le début des travaux.
- L'allocation du temps suffisant pour chaque intervention, afin d'avoir le temps pour mettre en place les mesures de sécurité nécessaires.

5.2.3 Électriciens

Pour les électriciens, le matériel utilisé pour le contrôle d'absence d'énergie, le port des EPI spécifiques lors des interventions sous-tension et les équipements non cadenassables, sont les

points les plus problématiques pour ce corps de métier, et par conséquent, les recommandations pour les électriciens sont :

- La vérification du voltage avec un multimètre avant et après la coupure de courant (CMEQ, 2017), car les crayons testeurs ne sont pas toujours fiables (ex. câble armé).
- L'allocation du temps nécessaire aux interventions.
- L'installation des points de coupure cadenassables.
- Le port systématique des gants et des chaussures adaptés, ainsi que des vêtements en coton comme mesures de base au contrôle des énergies lors des interventions.

5.2.4 Tuyauteurs

Comme les électriciens et les frigoristes, les tuyauteurs rencontrent aussi des problèmes liés aux équipements non cadenassables et à la conception des locaux techniques, les recommandations pour les tuyauteurs sont donc :

- L'installation de valves cadenassables avec purge, afin de faciliter le cadenassage.
- La séparation des points de coupure d'eau et l'électricité dans les ouvrages puisque les concepteurs ont tendance à regrouper les deux pour optimiser l'espace.
- La présence d'un électricien lors du cadenassage des parties électriques.

5.3 Les limites de la recherche

Bien que notre étude a couvert une grande partie des corps de métiers impliqués dans des accidents dus à des problèmes de contrôle des énergies, ces corps de métier sont aussi les plus concernés par le contrôle des énergies dangereuses à cause de la nature de leurs interventions, d'autres corps de métier qui n'ont pas été inclus dans cette étude, peuvent être sollicités pour une étude complémentaire de la pratique de cadenassage selon leur environnement de travail et selon la nature des tâches accomplies.

Pour le secteur d'activité, cette étude s'est focalisée sur l'industrie de la construction, bien qu'elle pourra être projetée sur d'autres secteurs similaires à la construction, tels que l'industrie minière, ou l'industrie manufacturière dans le contexte de la sous-traitance, elle reste spécifique à ces secteurs et ne peut être généralisée sur d'autres industries, puisque chaque secteur se caractérise par des

spécificités qui le distinguent des autres industries, et par conséquent, ces spécificités doivent être prises en considération.

5.4 Les avenues de recherche

Les exigences réglementaires du CSTC sont moins adaptées aux chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels qu'aux chantiers industriels. Le recours à la transition numérique vers la construction 4.0 pourrait combler les lacunes liées à l'absence d'une analyse des risques lors du choix des méthodes alternatives au cadenassage. Cet aspect pourrait constituer une piste de recherche, en développant une méthode ou un concept d'analyse des risques spécifiques au secteur. Le recours aux nouvelles technologies pourrait aider aussi à simplifier la planification et la gestion du contrôle des énergies (ex. gestion documentaire, simplification des procédures).

De nouvelles pistes de recherche pourraient être explorées telles que des études approfondies sur les méthodes alternatives et leur niveau de sécurité, ou des études pour développer des techniques et des méthodes qui peuvent les inciter à adopter des comportements sécuritaires. D'autres études comparatives des spécificités de certains secteurs d'activités peuvent être menées pour pouvoir définir si les résultats de cette étude peuvent être projetés sur ces industries ou déterminer les aspects et les facteurs qui peuvent aider à projeter ces résultats sur les secteurs étudiés.

CHAPITRE 6 CONCLUSION

Cette étude est considérée comme étant la première à explorer le cadenassage dans l'industrie de la construction au Québec. Elle nous a donné l'opportunité d'examiner et de documenter cette pratique dans ce secteur et de mettre en exergue les problèmes et les obstacles qui entravent le contrôle des énergies dangereuses à travers, l'analyse de la revue de littérature, l'analyse des accidents causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses dans ce secteur au Québec et l'analyse de 95 expériences décrites par 38 participants aux entrevues, et ainsi, avoir un portrait précis de la réalité de chaque corps de métier étudié (électriciens, frigoristes, tuyauteurs et mécaniciens) en fonction des types de chantiers et des types d'interventions.

Les résultats obtenus dans l'analyse des accidents graves et mortels causés par des problèmes de contrôle des énergies dangereuses au Québec au cours de la période 1990-2017, correspondent en termes des situations accidentelles et des types d'accidents, aux résultats issus de la revue de littérature où le contact direct et indirect avec l'électricité est la situation accidentelle la plus fréquente, quant au type d'accident, l'électrocution est le type d'accident le plus impliqué dans les documents analysés de notre revue. Le même constat est valable pour les corps de métier impliqués dans les accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies, où nous avons conclu que les électriciens et leurs assimilés représentent plus que la moitié des victimes du contact direct ou indirect avec des pièces sous tension.

Les entrevues avec les quatre corps de métier ont conclu que l'application du CSTC dépend en premier du type de chantier et du niveau d'exigence du MO (responsabilisation). Le contrôle des énergies dangereuses est mieux structuré sur les chantiers industriels et les grands chantiers commerciaux/institutionnels. Dans la majorité de ces cas, le MO assume ses responsabilités en termes d'accueil des sous-traitants, de formation sur les risques, de fourniture du matériel nécessaire et de vérification de l'application de la méthode de contrôle des énergies adoptées, qui dans la majorité des cas est le cadenassage, malgré que les procédures ne sont pas toujours documentées. Pour les chantiers résidentiels et les petits chantiers commerciaux/institutionnels, la responsabilisation du MO cause un sérieux problème en termes de planification, de fourniture de matériel de cadenassage, d'élaboration des procédures et de supervision. Les divers intervenants dans ces types de chantiers éludent cette responsabilité, ce qui aboutit à des manques dans la gestion du contrôle des énergies dangereuses, telles que la formation, l'absence du matériel de cadenassage et de procédures et le suivi.

Les travailleurs préfèrent ne pas se cadenasser lorsque le MO ne l'exige pas, surtout chez les tuyauteurs, les électriciens et les frigoristes. Les mécaniciens représentent un corps de métier à part. La majorité de leurs travaux se font dans des chantiers industriels structurés. Dans la majorité des cas où l'encadrement du MO est moins présent, les travailleurs recourent à l'isolation des énergies en cause et à la vérification de leur absence effective, ou bien le travail sous tension. Le recours aux méthodes alternatives ne fait pas l'objet d'une analyse des risques préalable tel qu'il est stipulé par le CSTC, sauf dans certains chantiers industriels. Le choix de la méthode appropriée dépend des facteurs précités dépendamment des spécificités de chaque corps de métier.

Les entrevues réalisées avec les quatre corps de métier du secteur, la revue de littérature et l'analyse des accidents liés aux problèmes de contrôle des énergies dans l'industrie de la construction au Québec, ont permis de dresser un bilan de recommandations qui peuvent améliorer la pratique de cadenassage dans le secteur de la construction, non seulement au Québec, mais partout dans le monde. Ces recommandations ont abordé, en plus du facteur de responsabilisation du MO, la planification des travaux, la conception des points de coupure, la gestion du matériel et la formation des travailleurs.

À la lumière des résultats recueillis, la revue de littérature et l'analyse des accidents graves et mortels causés par des problèmes de contrôle des énergies dans le secteur de la construction au Québec, ont permis de répondre à notre première question de recherche, tandis que les résultats des entrevues constituent la réponse à la deuxième et à la troisième question de recherche. Les recommandations proposées présentent la réponse à la quatrième question de recherche.

Pour conclure, les exigences réglementaires du CSTC sont moins adaptées aux chantiers résidentiels et commerciaux/institutionnels qu'aux chantiers industriels.

De nouvelles pistes de recherche pourraient être explorées telles que des études sur les méthodes alternatives et leur niveau de sécurité, ou des études pour développer des techniques et des méthodes qui peuvent inciter les travailleurs à adopter des comportements sécuritaires et des études pour déterminer les causes qui entravent les travailleurs de ce secteur à ne pas appliquer les procédures de contrôle des énergies.

RÉFÉRENCES

- Allen, R. L. (2012). Machine safeguarding. *Professional Safety* 57, 66–69.
- Arayici, Y., & Coates, P. (2012). A system engineering perspective to knowledge transfer: A case study approach of BIM adoption. *Virtual Reality-Human Computer Interaction*, 179-206.
- ASP Construction. (2017). *Guide de prévention : Le cadenassage*. Tiré de <http://www.asp-construction.org/publications/publication/dl/le-cadenassage-2017-23-p>
- Association des commissions des accidents du travail du Canada. (2018a). *Statistiques annuelles 2018*. Tiré de <https://awcbc.org/wp-content/uploads/2020/06/Fatalities-18-Fr-Par-industrie.png>
- Association des commissions des accidents du travail du Canada. (2018b). *Statistiques nationales des accidents, maladies et décès professionnels*. Tiré de <https://awcbc.org/wp-content/uploads/2020/05/National-Work-Injury-Disease-and-Fatality-Statistics-2016-2018.pdf>
- Aubin-Auger, I., Mercier, A., Baumann, L., Lehr-Drylewicz, A.-M., Imbert, P., & Letrilliart, L. (2008). Introduction à la recherche qualitative. *Exercer*, 84(19), 142-145.
- Badiane, A., Nadeau, S., Kenné, J.-P., & Polotski, V. (2016). Optimizing production while reducing machinery lockout/tagout circumvention possibilities. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 22(2), 188-201. doi:10.1108/jqme-04-2014-0015
- Bakhtiyari, M., Delpisheh, A., Riahi, S. M., Latifi, A., Zayeri, F., Salehi, M., & Soori, H. (2012). Epidemiology of occupational accidents among Iranian insured workers. *Safety Science*, 50(7), 1480-1484.
- Barrie, D. S., & Paulson, B. C. (1984). *Professional construction management*: McGraw-Hill New York.
- Boucher, A., Duguay, P., Prud'homme, P., Busque, M.-A., & Lebeau, M. (2017). *Accidents du travail acceptés survenus dans le secteur Bâtiments et travaux publics, Québec, 2010-2014*. Direction scientifique - Groupe connaissance et surveillance statistique IRSST-CNESST. Institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). CNESST - Dépôt de données central et régional.
- Bugaris, R. M. (2016). *Applying prevention through design to voltage testing*. Tiré de <http://ieeexplore.ieee.org/document/7499698/>
- Bulzacchelli, M. T., Vernick, J. S., Sorock, G. S., Webster, D. W., & Lees, P. S. (2008). Circumstances of fatal lockout/tagout-related injuries in manufacturing. *American Journal of Industrial Medicine*, 51(10), 728-734. doi:10.1002/ajim.20630
- Bulzacchelli, M. T., Vernick, J. S., Webster, D. W., & Lees, P. S. (2007). Effects of the Occupational Safety and Health Administration's control of hazardous energy (lockout/tagout) standard on rates of machinery-related fatal occupational injury. *Injury Prevention*, 13(5), 334-338. doi:10.1136/ip.2007.015677
- Bureau of Labor Statistics. (2018). Census of Fatal Occupational Injuries. Tiré de <https://www.bls.gov/iif/oshcfoi1.htm#2018>

- Bureau of Labor Statistics (BLS). (2005). Census of Fatal Occupational Injuries Charts,. Tiré de <http://www.bls.gov/iif/oshcfoi1.htm>
- Bureau of labor statistics BLS. (2014). Census of Fatal Occupational Injurie CFOI. Tiré de <http://www.bls.gov/iif/oshcfoi1.htm#2014>.
- Bureau of Labor Statistics BLS. (2018). *Fatal occupational injuries by occupation and event or exposure*. Tiré de <https://www.bls.gov/iif/oshcfoi1.htm#2018>
- Burlet-Vienney, D. (2011). *Développement de connaissances sur la pratique et les spécificités du cadenassage dans le secteur des affaires municipales au Québec*. (Polytechnique de Montréal).
- Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., & Aucourt, B. (2017). Implantation du cadenassage des équipements mobiles dans le secteur municipal : Étude exploratoire. *Rapport R-975. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montréal*.
- Bust, P. D., Gibb, A. G. F., & Pink, S. (2008). Managing construction health and safety: Migrant workers and communicating safety messages. *Safety Science*, 46(4), 585-602. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.06.026>
- Campbell, R. B., & Dini, D. A. (2015). Occupational Injuries From Electrical Shock and Arc Flash Events Review of the Literature. Dans *Occupational Injuries From Electrical Shock and Arc Flash Events* (p. 1-10): Springer.
- Carter, G., & Smith, S. D. (2006). Safety hazard identification on construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(2), 197-205.
- Casini, V. J. (1993). Occupational electrocutions: Investigation and prevention. 38(1), 34.
- Cawley, J. C., & Brenner, B. C. (2012). *Occupational electrical injuries in the US, 2003–2009*. Communication présentée à Electrical Safety Workshop (ESW), 2012 IEEE IAS (p. 1-5).
- Cawley, J. C., & Homce, G. T. (2003). Occupational electrical injuries in the United States, 1992–1998, and recommendations for safety research. *Journal of Safety Research*. doi:10.1016/S0022-4375(03)00028-8
- Cawley, J. C., & Homce, G. T. (11-15 Sept. 2006 2006). *Trends in Electrical Injury, 1992-2002*. Communication présentée à 2006 Record of Conference Papers - IEEE Industry Applications Society 53rd Annual Petroleum and Chemical Industry Conference (p. 1-14). doi:10.1109/PCICON.2006.359722
- CCQ. (2019). *Statistiques annuelles de l'industrie de la construction*. Tiré de https://www.ccq.org/-/media/Project/Ccq/Ccq-Website/PDF/Recherche/StatistiquesHistoriques/2019/Faits_saillans_tableaux.pdf
- Chen, G.-X., & Fosbroke, D. E. (1998). Work-Related Fatal-Injury Risk of Construction Workers by Occupation and Cause of Death. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 4(6), 1371-1390. doi:10.1080/10807039891284721
- Cheng, C. W., Leu, S. S., Cheng, Y. M., Wu, T. C., & Lin, C. C. (2012). Applying data mining techniques to explore factors contributing to occupational injuries in Taiwan's construction industry. *Accident analysis and Prevention*, 48, 214-222. doi:10.1016/j.aap.2011.04.014

- Chi, Yang, C.-C., & Chen, Z.-L. (2008). In-depth accident analysis of electrical fatalities in the construction industry. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(4), 635-644. doi:10.1016/j.ergon.2007.12.003
- Chi, S., & Han, S. (2013). Analyses of systems theory for construction accident prevention with specific reference to OSHA accident reports. *International Journal of Project Management*, 31(7), 1027-1041. doi:10.1016/j.ijproman.2012.12.004
- Chinniah, Y. (2010). Equipment Lockout. *Professional safety*, 55(2), 38.
- Chinniah, Y. (2015). Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. *Safety science*, 75, 163-173.
- Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D., Karimi, B., & Aucourt, B. (2019). Bilan sur la pratique du cadenassage sur des machines industrielles. *Rapport R-1073. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montréal.*
- Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D., Paques, J.-J., & Boivin, G. (2012). Secteur des affaires municipales au Québec - Étude exploratoire du cadenassage. *Rapport R-741. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montréal.*
- Chinniah, Y., Champoux, M., Burlet-Vienney, D., & Daigle, R. (2008). Comparative analysis of lockout programs and procedures applied to industrial machines. *Report R-575. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Montréal.*
- Choudhry, R. M. (2014). Behavior-based safety on construction sites: a case study. *Accid Anal Prev*, 70, 14-23. doi:10.1016/j.aap.2014.03.007
- CMEQ. (2017). *Corporation des Maîtres Électriciens du Québec : Programme de prévention : Attention à la tension.* Tiré de <https://www.cmeq.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=14422&token=79cad2a704a4b20287f5810857de6360be7c32d1>
- CMEQ, & ASP Construction. (2017). *Corporation des maîtres électriciens du Québec : Travailler Hors tension. Une question de vie ou de mort (7^e éd.).*
- CNESST. (2015). Analyse d'impact réglementaire : Projet de règlement modifiant le Code de sécurité pour les travaux de construction Relativement au Cadenassage et autres méthodes de contrôle des énergies.
- Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST. (2015). *Rapport d'enquête EN004108.* Tiré de <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Enquete/ed004108.pdf>
- Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST. (2018). *Statistiques annuelles 2017.* Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-1046web.pdf>
- Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST. (2019). *Statistiques annuelles.* Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-1046web.pdf>
- Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST. (2017a). *Cadenassage : Ressources disponibles au Centre de documentation.* Tiré de <https://www.centredoc.cnesst.gouv.qc.ca/pdf/Biblioselect/Cadenassage.pdf>

- Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail CNESST. (2017b). *Délimitation d'un chantier de construction et identification du maître d'œuvre*.
- CPQMCI. (2020). Conseil Provincial du Québec des métiers de la construction. Tiré de <http://www.cpqmci.org>
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative research and research design: Choosing among five traditions*. London: Thousand Oaks.
- Creswell, J. W., Hanson, W. E., Clark Plano, V. L., & Morales, A. (2007). Qualitative research designs: Selection and implementation. *The counseling psychologist*, 35(2), 236-264.
- CSA. (2013). *Z460-13 : Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes*. Mississauga, Ontario: Association canadienne de normalisation
- CSA. (2018). *Z462-18 Sécurité en matière d'électricité au travail*. CSA Z462-12. Mississauga, Ontario: Association canadienne de la normalisation.
- Code de sécurité pour les travaux de construction (2020).
- Dallasega, P., Rauch, E., & Linder, C. (2018). Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computers in industry*, 99, 205-225.
- Dépelteau, F. (2010). *La démarche d'une recherche en sciences humaines: de la question de départ à la communication des résultats*: De Boeck Supérieur.
- Electrical Safety Authority. (2018). *Ontario Electrical Safety Report*. Tiré de https://esasafe.com/assets/files/esasafe/pdf/Corporate_Reports/ESA_OESR_2018_Final.pdf
- European Commission. (2020). Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. Tiré de https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction_en
- Feng, Y., Zhao, D., Wu, P., & Xia, B. (2013). *Risk compensation in construction workers' activities*. Communication présentée à Proc., 38th Australasian Univ. Building Education Association Conf.(AUBEA) (p. 1-10).
- Fredericks, T. K., Abudayyeh, O., Choi, S. D., Wiersma, M., & Charles, M. (2005). Occupational injuries and fatalities in the roofing contracting industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(11), 1233-1240.
- Gagné, C., & Godin, G. (1999). *Les théories sociales cognitives: Guide pour la mesure des variables et le développement de questionnaire*: Groupe de recherche sur les aspects psychosociaux de la santé, Université Laval.
- Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. 139: Chicago: Aldine, USA.
- Goffeng, L. O., Veiersted, K. B., Moian, R., Remo, E., Solli, A., & Erikssen, J. (2003). MEDISIN OG VITENSKAP : Arbeidsmedisin-Forekomst og forebygging av stromulykker i arbeidslivet. *Journal of the Norwegian Medical Association*, 123(17), 2457-2458.
- Gotteland, D., & Haon, C. (2005). *Développer un nouveau produit: méthodes et outils*: Pearson Education France.

- Gouvernement du Québec. (2018a). La loi sur les relations du travail, la formation professionnelle et la gestion de la main-d'œuvre dans l'industrie de la construction. *chapitre R-20*. Tiré de <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/R-20>
- Gouvernement du Québec. (2018b). Loi sur la santé et la sécurité du travail. Tiré de <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cs/S-2.1>
- Gouvernement du Québec. (2020). *Définitions des métiers : Règlement sur la formation professionnelle de la main-d'œuvre de l'industrie de la construction*. Tiré de <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/R-20,%20r.%20r.%208?langCont=fr#sc-nb:1>
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth generation evaluation*: Sage.
- Hale, A., & Borys, D. (2013). Working to rule, or working safely? Part 1: A state of the art review. *Safety science*, 55, 207-221.
- Heinrich, H. W. (1959). *Industrial accidents prevention: A scientific approach*. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York.
- Hinze, J., Huang, X., & Terry, L. (2005). The nature of struck-by accidents. *131(2)*, 262-268.
- Hinze, J., & Wilson, G. (2000). Moving toward a zero injury objective. *Journal of Construction Engineering and Management*, 126(5), 399-403.
- HSE. (2002). Strategies to promote safe behavior as part of a health and safety management system.
- Hydro-Québec. (2017). Lexique. Tiré de <https://www.hydroquebec.com/data/fournisseurs/pdf/2017-12-05-lexique.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. doi:<http://dx.doi.org/10.1109/MIAS.2015.2459108>
- IHSA, I. H. S. A. (2016). *Electrical construction and maintenance workers : safety manual page 60 loto*. Mississauga, Ont. : Infrastructure Health & Safety Association.
- Institut de la Statistique du Québec ISQ. (2019). *Travail et rémunération – État du marché du travail au Québec. Bilan de l'année 2018*. Tiré de <https://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/travail-remuneration/bulletins/etat-marche-travail-2018.pdf>
- Institut national de recherche et de sécurité INRS. (2018). installations électriques comment intervenir en toute sécurité ? *Hygiène et sécurité du travail*, 250.
- Janicak, C. A. (2008). Occupational fatalities due to electrocutions in the construction industry. *J Safety Res*, 39(6), 617-621. doi:10.1016/j.jsr.2008.10.007
- Karakhan, A. A., Rajendran, S., Gambatese, J., & Nnaji, C. (2018). Measuring and Evaluating Safety Maturity of Construction
- Contractors: Multicriteria Decision-Making Approach. *American Society of Civil Engineers*. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001503
- Karimi, B. (2019). *Understanding the Control of Hazardous Energies on Machinery: Using Lockout and Alternative Methods in Organizations and Developing a Self-Audit Tool*. (Polytechnique Montréal).

- Karimi, B., Burlet-Vienney, D., Chinniah, Y., & Aucourt, B. (2019). Hazardous energy control on machinery: Understanding the use of alternative methods to lockout. *Safety science*, *118*, 519-529.
- Karimi, B., Chinniah, Y., Burlet-Vienney, D., & Aucourt, B. (2018). Qualitative study on the control of hazardous energy on machinery using lockout and alternative methods. *Safety science*, *107*, 22-34.
- Kartam, N. A., & Bouz, R. G. (1998). Fatalities and injuries in the Kuwaiti construction industry. *Accident Analysis & Prevention*.
- Kim, H., Lewko, J., Garritano, E., Sharma, B., Moody, J., & Colantonio, A. (2016a). Construction fatality due to electrical contact in Ontario, Canada, 1997-2007. *Work (Reading, Mass.)*, *54*(3), 639-646. doi:10.3233/wor-162336
- Kim, H., Lewko, J., Garritano, E., Sharma, B., Moody, J., & Colantonio, A. (2016b). Construction fatality due to electrical contact in Ontario, Canada, 1997-2007. *Work*, *54*(3), 639-646. doi:10.3233/WOR-162336
- Kinnunen, M. (2013). *Electrical Accident Hazards in the Nordic Countries*. (TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Tampere, Finlande). Tiré de <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tyy-201306141215>
- Kowalski-Trakofler, K., & Barrett, E. (2007). Reducing non-contact electric arc injuries: an investigation of behavioral and organizational issues. *Journal of Safety Research*, *38*(5), 597-608. doi:10.1016/j.jsr.2007.06.004
- Kraatz, J., Hampson, K., & Sanchez, A. (2014). The global construction industry and R&D. Dans *R&D Investment and Impact in the Global Construction Industry* (p. 4-23): Routledge London.
- Levitt, R. (1987). *Safety-Accident prevention*. Communication présentée à Proceedings of Construction Symposium. XIth World Congress on the Prevention of Occupational Accidents and Disease. A (vol. 155).
- Lindström, R., Bylund, P. O., & Eriksson, A. (2006). Accidental deaths caused by electricity in Sweden, 1975–2000. *Journal of forensic sciences*, *51*(6), 1383-1388.
- Ling, F. Y. Y., Liu, M., & Woo, Y. C. (2009). Construction fatalities in Singapore. *International Journal of Project Management*, *27*(7), 717-726. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.11.002>
- Manuele, F. A. (2011). Accident Costs: Rethinking ratios of indirect to direct costs. *Professional Safety*, *56*(01), 39-47.
- McCann, M. (2006). Heavy equipment and truck-related deaths on excavation work sites. *Journal of Safety Research*, *37*(5), 511-517. doi:10.1016/j.jsr.2006.08.005
- McCann, M., Hunting, K. L., Murawski, J., Chowdhury, R., & Welch, L. (2003). Causes of electrical deaths and injuries among construction workers. *American Journal of Industrial Medicine*, *43*(4), 398-406. doi:10.1002/ajim.10198
- McSween, T. E. (2003). *Values-based safety process: Improving your safety culture with behavior-based safety*: John Wiley & Sons.

- McVittie, D., Banikin, H., & Brocklebank, W. (1997). The effects of firm size on injury frequency in construction. *Safety Science*, 27(1), 19-23.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (2003). *Analyse des données qualitatives*: De Boeck Supérieur.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1999). *Preventing worker deaths from uncontrolled release of electrical, mechanical, and other types of hazardous energy*. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention.
- Neville, H. (1998). Workplace accidents: they cost more than you might think. *INDUSTRIAL MANAGEMENT-CHICAGO THEN ATLANTA*, 7-9.
- NIOSH. (2006). fatal occupational injury cost fact sheet: Construction [online]. NIOSH. Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2006-153/pdfs/2006-153.pdf>
- Nokra, A., Bulet-Vienney, D., & Chinniah, Y. (2019). *Maîtrise des énergies dangereuses dans le secteur de la construction au Québec*. Communication présentée à congrès international de génie industriel CIGI QUALITA, Montréal.
- normalisation, A. c. d. I. (2013). *Maîtrise des énergies dangereuses : cadenassage et autres méthodes*. Mississauga, Ont.: Association canadienne de la normalisation.
- Nunes, I. L. (2012). The nexus between OSH and subcontracting. *Work*, 41(Supplement 1), 3062-3068.
- Occupational Safety & Health Administration OSHA. (2010). Construction eTool, electrical incidents. Tiré de https://www.osha.gov/SLTC/etools/construction/electrical_incidents/mainpage.html
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83, 121-139.
- Ore, T., & Casini, V. (1996). Electrical Fatalities Among U.S. Construction Workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 38(6), 587-592. Tiré de https://journals.lww.com/joem/Fulltext/1996/06000/Electrical_Fatalities_Among_U_S_Construction.9.aspx
- Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., & Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and policy in mental health and mental health services research*, 42(5), 533-544.
- Pegula, S. M. (2004). Occupational fatalities: self-employed workers and wage and salary workers. *Monthly Labor Review*, 127, 30.
- Poisson, P., & Chinniah, Y. (2015). Observation and analysis of 57 lockout procedures applied to machinery in 8 sawmills. *Safety Science*, 72, 160-171.
- Poisson, P., & Chinniah, Y. (2016). Managing risks linked to machinery in sawmills by controlling hazardous energies: Theory and practice in eight sawmills. *Safety science*, 84, 117-130.
- Poisson, P., Chinniah, Y., & Jocelyn, S. (2016). Design of a safety control system to improve the verification step in machinery lockout procedures: A case study. *Reliability engineering & system safety*, 156, 266-276. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2016.07.016>

- Quivy, R., & Van Campenhoudt, L. (1995). La question de départ. *Manuel de recherche en sciences sociales*, Paris: Dunod, 21-38.
- Randerson, M. (1987). *Construction safety in Ontario*. Communication présentée à Proceedings of Construction Symposium. XIth World Congress on the Prevention of Occupational Accidents and Diseases.
- Régie du bâtiment du Québec. (2018). Entrepreneur général. Tiré de <https://www.rbq.gouv.qc.ca/licence/determiner-vos-sous-categories-de-licence/entrepreneur-general.html>
- Safe work Australia. (2018). Priority industry snapshot:Construction. *Safe work australia*.
- Seale, C., Gobo, G., Gubrium, J. F., & Silverman, D. (2004). *Qualitative research practice*: Sage.
- Smith, G., & Roth, R. (1991). Safety programs and the construction manager. *Journal of Construction Engineering and Management*, 117(2), 360-371.
- Sousa, V., Almeida, N. M., & Dias, L. A. (2014). Risk-based management of occupational safety and health in the construction industry–Part 1: Background knowledge. *Safety science*, 66, 75-86.
- Statistiques Canada. (2019). *Produit intérieur brut (PIB) au Québec*. Tiré de <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=3610040001&pickMembers%5B0%5D=1.5&cubeTimeFrame.startYear=2018&cubeTimeFrame.endYear=2019&referencePeriods=20180101%2C20190101>
- Strauss, A., & Corbin, J. (1998). *Basics of qualitative research techniques*: Sage publications Thousand Oaks, CA.
- Taylor, A. J., McGwin, G., Jr., Valent, F., & Rue, L. W., 3rd. (2002). Fatal occupational electrocutions in the United States. *Inj Prev*, 8(4), 306-312. Tiré de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1756586/pdf/v008p00306.pdf>
- Thomson, S. B. (2010). Sample size and grounded theory. *Thomson, SB (2010). Grounded Theory-Sample Size. Journal of Administration and Governance*, 5(1), 45-52.
- Van Campenhoudt, L., Marquet, J., & Quivy, R. (2017). *Manuel de recherche en sciences sociales-5e édition*: Dunod.
- Waehrer, G. M., Dong, X. S., Miller, T., Haile, E., & Men, Y. (2007). Costs of occupational injuries in construction in the United States. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1258-1266.
- Wong, F. K., Chan, A. P., Wong, A. K., Hon, C. K., & Choi, T. N. (2016). *Investigating the electrical and mechanical safety in construction*. Communication présentée à Proceedings of the CIB World Building Congress 2016 (vol. 5, p. 582-592).
- Yi, K.-J., & Langford, D. (2006). Scheduling-based risk estimation and safety planning for construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(6), 626-635.
- Zhao, D., & Lucas, J. (2015). Virtual reality simulation for construction safety promotion. *Int J Inj Contr Saf Promot*, 22(1), 57-67. doi:10.1080/17457300.2013.861853
- Zhao, D., McCoy, A., Kleiner, B., Du, J., & Smith-Jackson, T. L. (2015). Decision-making chains in electrical safety for construction workers. *Journal of Construction Engineering and*

Management, 142(1), 04015055. Tiré de
[https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001037](https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001037)

- Zhao, D., McCoy, A., Kleiner, B. M., & Smith-Jackson, T. L. (2015). Control measures of electrical hazards: An analysis of construction industry. *Safety Science*, 77, 143-151. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.001>
- Zhao, D., McCoy, A., Kleiner, B. M., Smith-Jackson, T. L., & Liu, G. (2015). Sociotechnical Systems of Fatal Electrical Injuries in the Construction Industry. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862
- Zhao, D., McCoy, A., Kleiner, B. M., Smith-Jackson, T. L., & Liu, G. (2015). Sociotechnical systems of fatal electrical injuries in the construction industry.. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Zhao, D., Thabet, W., McCoy, A., & Kleiner, B. (2014). Electrical deaths in the US construction: an analysis of fatality investigations. *Int J Inj Contr Saf Promot*, 21(3), 278-288. doi:10.1080/17457300.2013.824002
- Zolfagharian, S., & Ressang, A. (2011). Risk Assessment of Common Construction Hazards among Different Countries.

ANNEXE A QUESTIONNAIRE

Titre du projet : Contrôle des énergies par le cadenassage et les méthodes alternatives dans le secteur de la construction

Date de la visite/...../.....
Rempli par

1. PARTICIPANT (Caractériser le participant)

Métier ⁽¹⁰⁾	<p>Métier exercé ⁽¹⁰⁰⁾ : <input type="checkbox"/> Électricien <input type="checkbox"/> Tuyauteur <input type="checkbox"/> Frigoriste <input type="checkbox"/> Mécanicien</p> <p>Sur les chantiers, quel rôle occupez-vous principalement? ⁽¹²²⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Contremaître <input type="checkbox"/> Compagnon <input type="checkbox"/> Apprenti</p> <p>Ancienneté dans le métier/Nombre d'heures d'expérience ⁽¹⁰¹⁾ :</p> <p>Niveau d'étude / ⁽¹⁰²⁾ :</p> <p>Appartenance à un autre regroupement professionnel ou syndical ⁽¹⁰³⁾ : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui :</p>
Statut ⁽¹¹⁾	<p><input type="checkbox"/> Entre 2 contrats ⁽¹¹⁰⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Salarié d'une entreprise ⁽¹¹¹⁾</p> <p style="padding-left: 40px;">Ancienneté dans l'entreprise :</p> <p style="padding-left: 40px;">Activités de l'entreprise :</p> <p style="padding-left: 40px;">... Nombre de travailleurs :</p> <p>Comité SST paritaire? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Appartenance à une corporation/un ordre professionnel : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui : <input type="checkbox"/> CMEQ <input type="checkbox"/> CMMTQ <input type="checkbox"/> CETAF <input type="checkbox"/> Autre :</p>
Activités de travail ⁽¹²⁾	<p>Type de chantier auquel vous participez? ⁽¹²⁰⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Résidentiel <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Industriel <input type="checkbox"/> Génie civil</p> <p><input type="checkbox"/> Neuf <input type="checkbox"/> Existant</p> <p>Type de travaux effectués typiquement (raisons, équipements visés) ? ⁽¹²¹⁾</p>

2. GESTION DU CONTRÔLE DES ÉNERGIES DANGEREUSES PAR LE PARTICIPANT

(Niveau de préparation et de prise en charge par le participant)

Connaissances Formation <small>(20)</small>	<p>Avez-vous reçu une formation spécifique sur le cadenassage? <small>(203)</small> (CSTC, art. 2.20.8)</p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si _____ oui, _____ combien?</p> <p>.....</p> <p>Pour quelle raison (ex. exigence du maître d'œuvre) ?</p> <p>.....</p> <p>Par _____ qui?</p> <p>.....</p> <p>Quelle était la durée de la formation et le contenu de la formation?</p> <p>.....</p> <p>Avez-vous des remises à niveau périodiques de prévues? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si oui, quelles sont la fréquence et les raisons?</p> <p>.....</p> <p>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) ? <small>(202)</small></p> <p><input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>Êtes-vous au fait du règlement mis en place en janvier 2016 en lien avec le cadenassage (CSTC) ? <small>(204)</small> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Si _____ oui, _____ depuis _____ quand?</p> <p>.....</p> <p>Qu'en _____ retenez-vous?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>Y a-t-il eu des modifications dans votre pratique suite à ces changements réglementaires? <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>En résumé, le cadenassage c'est quoi pour vous? <small>(200)</small> (CSTC, art. 2.20.1)</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
--	--

Pratique ⁽²¹⁾	<p>Dans quelles circonstances appliquez-vous le cadenassage (ou une autre méthode) lors de vos activités? ⁽²¹⁰⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Toujours, si la situation l'exige</p> <p><input type="checkbox"/> Ça dépend du maître d'œuvre</p> <p><input type="checkbox"/> Jamais</p> <p>.....</p> <p>Pour quelles activités? Quelles sont les plus fréquentes? ⁽²¹¹⁾ (CSTC, art. 2.20.2)</p> <p><input type="checkbox"/> Installation / Montage <input type="checkbox"/> Inspection</p> <p><input type="checkbox"/> Nettoyage / Déblocage <input type="checkbox"/> Entretien / Maintenance / Réparation</p> <p><input type="checkbox"/> Ajustement / Réglage <input type="checkbox"/> Modification / Mise hors d'usage</p> <p><input type="checkbox"/> Autres :</p> <p>.....</p> <p>Pour quel type d'équipement? ⁽²¹²⁾</p> <p>.....</p> <p>Avez-vous des incidents ou des passés proches à partager que le cadenassage (ou autre méthode de contrôle des énergies) aurait pu éviter? ⁽²¹³⁾</p> <p>-</p>
Organisation ⁽²²⁾	<p>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)</p> <p><input type="checkbox"/> Cadenas personnalisés et à clé unique, registre</p> <p><input type="checkbox"/> Accessoires de cadenassage</p> <p><input type="checkbox"/> Autres :</p> <p>.....</p> <p>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)</p> <p><input type="checkbox"/> Fiches de cadenassage</p> <p><input type="checkbox"/> Politique de cadenassage (programme)</p> <p><input type="checkbox"/> Outil d'analyse des risques pour choisir d'autres méthodes que le cadenassage</p> <p><input type="checkbox"/> Procédure spécifique autre (autre méthode que le cadenassage)</p> <p>.....</p> <p>Auditez-vous en interne votre pratique pour le contrôle des énergies (programme, procédure, application) ? ⁽²²²⁾ <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non</p> <p>Comment jugez-vous votre pratique du cadenassage et autres méthodes par rapport aux autres dans votre corps de métier? ⁽²²³⁾</p> <p><input type="checkbox"/> Meilleure <input type="checkbox"/> Équivalente ou inférieure <input type="checkbox"/> Ne se prononce pas</p> <p>Explications :</p> <p>.....</p>

3. GESTION DU CONTRÔLE DES ÉNERGIES DANGEREUSES SUR LES CHANTIERS

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

Type de chantier 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 chantier 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 chantier 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 chantier 1

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

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

	<ul style="list-style-type: none"> - Consignation de l'application de la méthode de contrôle : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non - Procédure pour la continuité de la méthode de contrôle : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non - Procédure en cas d'oubli de cadenas : (<i>CSTC, art. 2.20.12</i>) <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Type de chantier 2 ⁽³³⁾ Expériences représentatives	<input type="checkbox"/> Résidentiel <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Industriel <input type="checkbox"/> Génie civil ⁽³³⁰⁾ <hr/> Type de chantier 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 chantier 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 chantier 2

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

Préparation : ⁽³⁵³⁾ 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 : ⁽³⁵⁴⁾ 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 : ⁽³⁵⁵⁾ Fait Limité Inexistent

- Consignation de l'application de la méthode de contrôle :

	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non - Procédure pour la continuité de la méthode de contrôle : <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non - Procédure en cas d'oubli de cadenas : (CSTC, art. 2.20.12) <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
--	---

4. SITUATIONS SPÉCIFIQUES AU SECTEUR DE LA CONSTRUCTION / DIVERS

Facteurs extérieurs (40)	Quelle est l'influence des éléments suivants sur le contrôle des énergies dangereuses? - 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)

ANNEXE B FORMULAIRE DE CONSENTEMENT



Formulaire d'information et de consentement

Titre du projet de recherche :

Contrôle des énergies par le cadenassage et les méthodes alternatives dans le secteur de la construction (Projet de recherche financé par l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail).

Équipe de recherche :

Damien BURLET-VIENNEY
Chercheur
IRSST
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Tél. (514) 288-1551 poste 408
Damien.BurletVienney@irsst.qc.ca

André LAN
Chercheur
IRSST
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Tél. (514) 288-1551 poste 342
Andre.Lan@irsst.qc.ca

Ayoub NOKRA
Assistant de recherche
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
ayoub.nokra@polymtl.ca

Yuvin CHINNIAH
Professeur titulaire
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 2268
Adresse courriel :
yuvin.chinniah@polymtl.ca

Barthélemy AUCOURT
Associé de recherche
C.P. 6079, succ. Centre-ville
Montréal (Québec) H3C 3A7
Tél. (514) 340-4711 poste 4878
barthelemy.aucourt@polymtl.ca

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

Préambule :

Nous sollicitons votre participation à un projet de recherche sur les méthodes de contrôle des énergies (cadenassage ou autres méthodes) dans le secteur de la construction. En tant qu'électricien, tuyauteur, frigoriste ou mécanicien, vos expériences relatives à la maîtrise des énergies dangereuses permettront d'identifier les problématiques spécifiques au secteur de la construction. Ce retour d'expérience permettra de favoriser l'application de méthodes de contrôle des énergies selon les exigences réglementaires.

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

Présentation du projet de recherche et de ses objectifs :

En 2016, le Code de sécurité pour les chantiers de la construction (CSTC) a été modifié afin d'ajouter des obligations en termes de contrôle des énergies lors d'intervention de type hors production sur les chantiers (s.2.20).

L'objectif de l'étude est de documenter les pratiques en lien avec l'application de méthodes de contrôle des énergies par le cadenassage et autres méthodes alternatives pour quatre corps de métier œuvrant dans le secteur de la construction : les électriciens, les tuyauteurs, les frigoristes et les mécaniciens.

Afin d'atteindre cet objectif, nous suivons la méthodologie suivante :

- Revue de la littérature;
- Analyse des rapports d'accidents de la CNESST et;
- Entrevues auprès de 40 intervenants, soit l'équivalent de 10 intervenants par corps de métier répartis dans les secteurs résidentiel, commercial, industriel et du génie civil.

Les résultats de cette étude permettront de cibler et d'expliquer les difficultés éprouvées par quatre corps de métier lors de l'application de méthodes de contrôle des énergies. Les résultats s'adresseront à la fois aux entrepreneurs, aux travailleurs autonomes, aux associations professionnelles, syndicales et paritaires ainsi qu'à la CNESST. Ces connaissances pourront notamment être utiles pour favoriser l'application des exigences réglementaires, alimenter les contenus de formation et accompagner les différents intervenants dans leur démarche en lien avec les méthodes de contrôle des énergies.

Cette étude permettra également de fournir un portrait de la situation actuelle et constituera un point de repère afin de suivre l'évolution du contrôle des énergies dans ce secteur.

Nature et durée de votre participation au projet de recherche :

Votre participation au projet consiste en une seule entrevue de 2 heures selon les modalités suivantes :

1. L'entrevue devra avoir lieu dans un endroit calme et isolé à votre choix.
2. Au moins deux membres de l'équipe de recherche devront être présents pour assurer (i) le questionnement sur l'ensemble des sujets souhaités, et (ii) une redondance lors de la prise d'information. Cette façon de faire permet de s'assurer de la qualité des collectes de données.

3. Les membres de l'équipe de recherche utiliseront un questionnaire préalablement développé et validé pour mener l'entrevue.

Pour pouvoir participer à l'étude, vous devez :

- Œuvrer dans le secteur de la construction depuis au moins 3 ans (ex. travailleur autonome, travailleur syndiqué, formateur, conseiller d'une association professionnelle/syndicale/paritaire, inspecteur de la CNESST, etc.),
- Œuvrer à titre d'électricien, de tuyauteur, de frigoriste ou de mécanicien de chantier (ex. faire partie d'une corporation ou d'une association professionnelle ou syndicale reconnue),
- Intervenir plusieurs fois par an sur l'un des types de chantiers suivants : résidentiel, institutionnel/commercial, industriel et génie civil.

Si, après réflexion, vous acceptez de participer au présent projet, veuillez signer le présent formulaire et le rendre à l'un des membres de l'équipe de recherche.

Avantages pouvant découler de votre participation au projet de recherche :

Grâce à la contribution de l'ensemble des participants, en permettant une meilleure compréhension des difficultés éprouvées par quatre corps de métier lors de l'application de méthodes de contrôle des énergies, l'étude permettra ultimement d'améliorer la sécurité sur les chantiers de construction. Les résultats de l'étude s'adresseront notamment aux membres des corps de métiers concernés.

Le questionnaire retranscrit sera remis à chaque participant. Ce retour pourra servir de point de départ pour une auto-évaluation. De plus, le rapport de recherche contenant les résultats de l'étude sera également remis à chaque participant.

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

Les entrevues semi-dirigées auront lieu dans un endroit calme et isolé (ex. : salle de réunion), et les informations recueillies ne pourront pas être reliées au participant. Un dictaphone et un appareil photo/vidéo pourraient être utilisés lors de la rencontre pour s'assurer de recueillir correctement toutes les informations nécessaires. Toutefois, l'équipe de recherche :

- Vous invite à accepter ou non, en toute liberté, de participer à l'étude, d'être enregistré (audio) et de permettre l'utilisation d'un appareil photo/vidéo ;
- Vous expliquera, lors de la prise de contact, le traitement de la confidentialité dans le cadre de l'étude.

Si vous proposez une visite de chantier complémentaire (optionnelle), cette visite n'entraînera pas, pour vous, de risques supplémentaires à ceux encourus dans le cadre de votre travail régulier. Les règles de sécurité en vigueur sur le chantier seront strictement respectées.

L'équipe de recherche est consciente que cette visite vient rompre le cours de vos activités à cause du temps que vous aurez à lui accorder pour l'entrevue. Cependant, nous croyons que les bienfaits (relatifs à votre sécurité) à tirer de ce projet l'emportent sur ces inconvénients. Le fait de participer à cette recherche vous offre une occasion de réfléchir, individuellement, et de faire part de votre opinion à propos de la thématique abordée. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances dans ce domaine.

La durée prévue de la rencontre (deux heures) sera respectée afin de ne pas bouleverser vos

planifications. Une éventuelle visite de chantier (optionnelle) n'est pas incluse dans cette durée.

Veillez noter que l'équipe de recherche ne juge pas les façons de faire des participants, ni ne cherche à mettre en lumière d'éventuelles lacunes. L'équipe n'émet d'avis sauf si cela est contraire à un code, un règlement ou une loi, car ce n'est pas l'objet de l'étude. Les chercheurs se limiteront à recueillir des données et à les analyser en les dépersonnalisant afin de produire une synthèse dépersonnalisée centrée sur les objectifs présentés en page 2.

Compensation financière :

Une rémunération forfaitaire (50 \$/h) est prévue pour compenser le salaire et les avantages sociaux des travailleurs non rémunérés pendant le temps qu'ils consacrent à l'étude.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du participant :

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

Participation volontaire et possibilité de retrait :

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

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

Confidentialité :

Seuls les renseignements nécessaires à la bonne conduite du projet de recherche seront recueillis dans le cadre de la présente étude. Tous ces renseignements demeureront strictement confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de ces renseignements, vous ne serez identifié que par un code. Si un visage devait apparaître sur des photos ou vidéos utilisées dans une publication ou communication, il sera systématiquement caché. Les photos dépersonnalisées ne seront pas publiées sans votre accord écrit ni celui de votre employeur. De même, les entreprises impliquées dans l'étude ne seront pas identifiées dans les livrables de ce projet. Les données collectées par le chercheur principal et son équipe de recherche seront conservées sous clé ou sur un ordinateur protégé par un code et à accès limité (ordinateur de chaque chercheur à accès protégé par mot de passe et situé dans un bureau fermé à clé). Le chercheur responsable et son équipe utiliseront les données du projet de recherche pour les simples fins du projet de recherche.

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

Polytechnique de Montréal ou encore une personne mandatée par les organismes subventionnaires de recherche. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

Personnes ressource :

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

Damien BURLET-VIENNEY
Chercheur
IRSST
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Tél. (514) 288-1551 poste 408
Damien.BurletVienney@irsst.qc.ca

Si vous avez des questions concernant votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec la présidente du Comité d'éthique de la recherche de l'École Polytechnique, Mme Delphine Périé-Curnier, au (514) 340-4711, poste 4437 ou encore par courriel à delphine.perie@polymtl.ca.

Consentement :

J'ai pris connaissance du présent formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué clairement la nature de ma participation au projet de recherche, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui sont énoncées dans le présent formulaire dont on m'a remis une copie et :

- J'accepte que l'entrevue individuelle soit audio-enregistrée, aux seules fins de cette recherche. Cet enregistrement sera détruit après dix ans.
- J'accepte qu'un appareil photo/vidéo soit utilisé, aux seules fins de cette recherche. Ces enregistrements seront détruits après dix ans.
- Je n'accepte pas que l'entrevue individuelle soit audio-enregistrée et qu'un appareil photo/vidéo soit utilisé, mais je souhaite tout de même participer au projet.

Nom et signature du participant de recherche

Date

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

Nom et signature du chercheur

Date