

AUGMENTER LA CAPACITÉ ET FACILITER LA DÉLIVRANCE
DE CRÉDITS COMPENSATOIRES VISANT LES HALOCARBURES

Par
Marie-Ève Marquis

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Monsieur Arnold Ross

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Janvier 2016

SOMMAIRE

Mots clés : changements climatiques, crédits compensatoires, GES, halocarbures, marché du carbone, SACO, SPEDE, WCI.

L'objectif de cet essai est d'augmenter la capacité et de faciliter la délivrance de crédits compensatoires par des modifications ou des ajouts au *Protocole 3* visant les substances appauvrissant la couche d'ozone du *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre* ou la création de nouveaux protocoles. Ce règlement permet la lutte contre les changements climatiques en encadrant les grands émetteurs qui doivent diminuer leurs émissions de gaz à effet de serre et qui peuvent les compenser par l'achat de crédits compensatoires. Il y a un manque de potentiel de crédits compensatoires, plus précisément pour ceux concernant les halocarbures, qui sont de puissants gaz à effet de serre. L'énumération des activités utilisant les halocarbures ainsi que la réglementation qui leur est applicable mettent en lumière les réserves potentielles d'halocarbures au Canada pour la réfrigération et la climatisation ainsi que pour la mousse isolante. De nouvelles activités pouvant être admissibles à des crédits compensatoires et des différences avec le protocole existant sont mises en lumière lors de la description de protocoles et de méthodologies utilisés ailleurs qu'au Québec.

L'analyse multicritères priorise les nouvelles activités ainsi que les différences identifiées avec le protocole existant. Il est recommandé d'ajouter au protocole existant les hydrochlorofluorocarbures et les hydrofluorocarbures pour la réfrigération résidentielle dans un premier temps et pour la réfrigération commerciale et industrielle dans un deuxième temps. Il est aussi suggéré d'y ajouter les hydrofluorocarbures provenant des mousses isolantes des appareils de réfrigération en premier lieu. En priorité, il est recommandé de créer de nouveaux protocoles pour la climatisation mobile et la gestion des fuites de réfrigérants. Il est conseillé de faire une étude concernant les proportions de mousse isolante envoyée en enfouissement au Québec ou au Canada annuellement ainsi qu'une étude sur les quantités de mousse présente dans les bâtiments afin de pouvoir mieux évaluer le potentiel de cette activité. Les différences identifiées pour modifier le protocole existant sont le processus de déviation, la recirculation des mélanges et les facteurs d'émission des agents de gonflement enfouis.

En conclusion, plusieurs halocarbures et activités actuellement non visés par le protocole existant possèdent un potentiel afin d'accroître la capacité et de simplifier la délivrance de crédits compensatoires. Ces modifications et ces ajouts s'inscrivent dans la saine gestion des halocarbures et dans la lutte contre les changements climatiques dans laquelle le Québec s'est engagé.

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit de plusieurs mois d'efforts et n'aurait pas été possible sans la sensibilisation, les recommandations et la présence de certaines personnes que je tiens à remercier.

D'abord, merci à Jean-Pierre et Norbert, ces professeurs qui m'ont sensibilisée si tôt à l'écologie, l'environnement, le protocole de Kyoto et les changements climatiques. Ces personnes m'ont éveillée très tôt sur mon choix de carrière, qui se reflète aussi dans cet essai. Bien que j'aie mis du temps à la diriger vers l'environnement, j'ai toujours su que c'était ma voie.

Les recommandations et les encouragements de mon directeur d'essai, Arnold, m'ont été plus que nécessaires. Il a toujours été présent pour m'aiguiller, m'orienter et me ramener dans la bonne direction lorsque je me sentais perdue. Nos discussions ont toujours été fort intéressantes, enrichissantes et constructives. Elles m'ont permis d'en apprendre davantage et de pousser plus loin mes réflexions. Je n'aurais pas pu imaginer travailler avec un autre directeur. Je le remercie d'avoir accepté de diriger cet essai et d'avoir pris de son précieux temps pour le faire.

Finalement, j'aimerais remercier ma famille et mes amis, particulièrement André et Nicole, de m'avoir encouragée et soutenue tout au long de ma maîtrise.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 MISE EN CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE	4
1.1 Halocarbures.....	4
1.2 Marché du carbone et faible potentiel de délivrance de crédits compensatoires	7
1.3 Méthodologie	10
2 ÉTAT DE LA SITUATION AU QUÉBEC ET AU CANADA.....	12
2.1 Réserve potentielle d’halocarbures au Québec et au Canada	12
2.1.1 Réfrigération résidentielle.....	13
2.1.2 Réfrigération commerciale.....	13
2.1.3 Réfrigération industrielle.....	15
2.1.4 Réfrigération mobile.....	15
2.1.5 Climatisation résidentielle.....	16
2.1.6 Climatisation institutionnelle et commerciale	17
2.1.7 Climatisation mobile.....	17
2.1.8 Mousse isolante dans les appareils de réfrigération.....	19
2.1.9 Mousse isolante dans les bâtiments	20
2.1.10Résumé du potentiel de réserve des halocarbures.....	22
2.2 Émission, vente et récupération d’halocarbures au Québec	23
2.3 Réglementation applicable concernant les halocarbures et substances de remplacement.....	25
3 PROTOCOLES OU MÉTHODOLOGIES EXISTANTS	29
3.1 SPEDE	29
3.2 Mécanisme de Développement Propre.....	35
3.3 American Carbon Registry	37
3.4 Verified Carbon Standard	40

3.5	California Environmental Protection Agency - Air Resources Board	42
3.6	Climate Action Reserve	46
3.7	Chicago Climate Exchange	48
3.8	Canadian Standard Association par Blue Source Canada	49
4	ANALYSE	51
4.1	Nouvelles activités	51
4.1.1	HCFC et HFC en réfrigération et climatisation.....	52
4.1.2	Climatisation mobile.....	54
4.1.3	Agents de gonflement utilisés dans la mousse isolante des bâtiments.....	55
4.1.4	HFC comme agent de gonflement.....	56
4.1.5	Évitement d'émission lors de la fabrication de mousse.....	57
4.1.6	Gestion de fuites de réfrigérant	58
4.2	Différences avec le <i>Protocole 3</i> du SPEDE	59
4.2.1	Différences identifiées sans potentiel de valeur ajoutée.....	59
4.2.2	Processus de déviation	61
4.2.3	Recirculation des mélanges.....	61
4.2.4	Facteurs d'émission des agents de gonflement lors de l'enfouissement	62
4.2.5	Autres différences mineures identifiées	62
4.3	Sélection des nouvelles activités et des différences identifiées.....	63
5	RECOMMANDATIONS	66
5.1	Ajout dans le protocole existant des HCFC et HFC utilisés en réfrigération et climatisation résidentielle, commerciale et industrielle	66
5.2	Création d'un nouveau protocole visant la climatisation mobile.....	67
5.3	Ajout dans le protocole existant des HFC utilisés comme agents de gonflement dans les mousses isolantes des appareils.....	68

5.4	Création d'un nouveau protocole pour la gestion des fuites des réfrigérants d'origine commerciale	69
5.5	Autres recommandations concernant les agents de gonflement provenant de la mousse isolante des bâtiments	70
5.6	Modification du protocole existant par l'ajout d'un processus de déviations	70
5.7	Modification du protocole existant concernant la recirculation	70
5.8	Modification du protocole existant concernant les facteurs d'émission des agents de gonflement.....	71
CONCLUSION		72
RÉFÉRENCES		75
BIBLIOGRAPHIE.....		86
ANNEXE 1 – FACTEURS D'ÉMISSION RÉVISÉS POUR LES AGENTS DE GONFLEMENT.....		89
ANNEXE 2 – DONNÉES D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS DE CRD AU QUÉBEC EN 2013		90
ANNEXE 3 – BILAN DE VENTE ET DE REPRISE DES HALOCARBURES.....		94
ANNEXE 4 – CALCULS DE RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS DE GES DU SPEDE		96
ANNEXE 5 – FACTEURS D'ÉMISSION DES AGENTS DE GONFLEMENT EN FONCTION DU TYPE DE MOUSSE		101
ANNEXE 6 – MOUSSES ADMISSIBLES POUR LE SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE ET LE SCÉNARIO DE PROJET POUR LA LORS DE LA FABRICATION ET L'UTILISATION DE LA MOUSSE ISOLANTE		102
ANNEXE 7 – TAUX D'ÉMISSION POUR LES HFC		103

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 2.1	Bilan des ventes et des reprises des halocarbures au Québec	24
Figure 3.1	Limites des SPR pour les scénarios de référence et de projet pour les agents de gonflement du SPEDE	32
Figure 3.2	Limites des SPR pour les scénarios de référence et de projet pour les réfrigérants du SPEDE.....	33
Figure 3.3	Limite du projet pour l'émission des HFC lors de la production de mousse isolante	36
Figure 3.4	Limite du projet pour le remplacement de HFC dans les appareils de réfrigération commerciaux.....	38
Figure 3.5	Limite du projet pour les émissions lors de la fabrication et l'utilisation de la mousse isolante	40
Figure 3.6	Limite du projet pour la récupération des mousses isolantes de bâtiments.....	43
Tableau 1.1	Dates d'interdiction de production d'halocarbures en vertu du protocole de Montréal.....	5
Tableau 1.2	PAO et PRP des principaux halocarbures utilisés	6
Tableau 1.3	Substances de remplacement des principaux halocarbures utilisés en fonction des produits ou des sources	7
Tableau 2.1	Taux de possession d'appareils de réfrigération résidentielle par ménage canadien	13
Tableau 2.2	Taux de possession d'appareils de climatisation résidentielle par ménage canadien	16
Tableau 2.3	Taux de possession de véhicules par ménage canadien	18
Tableau 2.4	Quantité d'halocarbures en 2007 en réfrigération et en climatisation	22
Tableau 2.5	Quantité d'halocarbures estimée en 2009 en réserve selon certains types d'utilisation.....	23
Tableau 2.6	Réserves d'halocarbures provenant des mousses envoyées à l'enfouissement	23
Tableau 2.7	PRP des substances de remplacement identifiées.....	27
Tableau 3.1	SACO admissibles et leur PRP en tant qu'agent de gonflement contenu dans les mousses et en tant que réfrigérant.....	30

Tableau 3.2	Facteurs d'émission des SACO contenues dans les mousses provenant d'appareils	33
Tableau 3.3	Facteurs d'émission des réfrigérants substitués.....	34
Tableau 3.4	Les HFC admissibles pour le scénario de référence et les substances alternatives à faible PRP	39
Tableau 3.5	Constantes pour les réfrigérants	43
Tableau 3.6	Constantes pour les agents de gonflement.....	44
Tableau 3.7	Lieu d'origine pour les réserves entreposées.....	44
Tableau 3.8	Densités des halocarbures.....	45
Tableau 4.1	Valeurs des critères utilisés lors de l'analyse	52
Tableau 4.2	Résultats d'analyse concernant l'ajout des HCFC et des HFC	53
Tableau 4.3	Résultats d'analyse concernant l'ajout des climatiseurs mobiles	55
Tableau 4.4	Résultats d'analyse concernant l'ajout des mousses isolantes des bâtiments	56
Tableau 4.5	Résultats d'analyse concernant l'ajout de HFC dans les agents de gonflement	57
Tableau 4.6	Résultats d'analyse concernant la gestion des fuites d'halocarbures par la détection de fuite ou par la recharge avec substances à faible PRP.....	59
Tableau 4.7	Valeurs des critères utilisés lors de l'analyse	59
Tableau 4.8	Résultats d'analyse du processus de déviation	61
Tableau 4.9	Résultats d'analyse concernant les SACO de sources entreposées	62
Tableau 4.10	Résultats d'analyse concernant les facteurs d'émission des agents de gonflement ...	62
Tableau 4.11	Importances des nouvelles activités	63
Tableau 4.12	Importances des différences identifiées	64
Tableau 5.1	Résumé des substances de remplacement au HFC et au HCFC en fonction des utilisations	67
Tableau 5.2	Facteurs d'émission de chaque SACO contenue dans les mousses provenant d'appareils	71

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ACR	American Carbon Registry
ARB	California Environmental Protection Agency – Air Resources Board
ARPAC	Association des recycleurs de pièces d’autos et de camions
CAR	Climate Action Reserve
CCX	Chicago Climate Exchange
CFC	Chlorofluorocarbures
CO ₂	Dioxyde de carbone
CRD	Construction, rénovation et déconstruction
CSA	Canadian Standard Association
g	gramme
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe intergouvernemental d’experts sur l’évolution du climat
HC	hydrocarbures
HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
HFC	Hydrofluorocarbures
HFO	Hydrofluorooléfine
kt	kilotonne
kg	kilogramme
MDDEFP	Ministère du Développement durable, de l’Environnement, de la Faune et des Parcs
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l’Environnement et des Parcs
MDP	Mécanisme de développement propre
Mt	Mégatonne
PAO	Potentiel d’appauvrissement de l’ozone
PCGR	Programme canadien de gestion des réfrigérants
PFC	Perfluorocarbures
PNUE	Programme des Nations Unies pour l’Environnement
PRP	Potentiel de réchauffement planétaire
SACO	Substances appauvrissant la couche d’ozone

SPEDE	<i>Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre</i>
SPR	Sources, puits et réservoirs
t	tonne
tCO ₂ équivalent	tonne de CO ₂ équivalent
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
US EPA	United States Environmental Protection Agency
VCS	Verified Carbon Standard
WCI	Western Climate Initiative

LEXIQUE

Crédits compensatoires	Un crédit compensatoire correspond à une quantité d'émission de GES non émise ou soustraite de l'atmosphère. Elle s'exprime en tCO ₂ équivalent. Un projet de réduction d'émissions de GES donne droit à des crédits compensatoires. Ces derniers peuvent être achetés et utilisés pour compenser les émissions de GES d'une autre personne, d'un organisme ou d'une entreprise (Québec. MDDELCC, 2015j).
Halocarbure	Substance organique synthétique renfermant une liaison chimique de carbone, d'halogène et parfois d'hydrogène (Le grand dictionnaire, 2012a).
Halocarbures vierges	Halocarbures nouvellement produits ou jamais utilisés (ACR, 2015a).
Halogène	Chacun des cinq éléments, fluor, chlore, brome, iode et astate, qui ont des propriétés analogues, évoluant progressivement de l'un à l'autre (Le grand dictionnaire, 2012b).
Mélanges de SACO	Les mélanges de SACO, soit les SACO qui ne contiennent pas plus de 90 % d'un même type de SACO (SPEDE).
Projet de crédits compensatoires	L'ensemble de l'équipement, du matériel, des éléments ou des mesures visant directement à la réduction des émissions de GES (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie, 2013).
Promoteur de projet	« Personne qui réalise un projet de crédits compensatoires » (SPEDE, a. 3).
PRP sur un horizon de 100 ans	Les PRP comparent les forçages radiatifs intégrés sur une période définie de 100 ans (GIEC, 2007).
Puits de GES	Processus, une activité ou un mécanisme, qui peuvent être naturels ou artificiels, qui éliminent de l'atmosphère un GES ou un précurseur de GES. Un exemple de puits est le processus de capture de CO ₂ par les arbres dans le phénomène de la photosynthèse (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie 2013).
Réservoir de GES	Unité physique capable d'emmagasiner ou d'accumuler un GES retiré de l'atmosphère par un puits de GES ou un GES capturé à sa source (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie 2013).
Responsabilité élargie des producteurs	Principe d'élaboration et de mise en œuvre d'un programme de récupération et de valorisation de produits visés par le <i>Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises</i> pour atteindre les objectifs de récupération (Québec. Gouvernement du Québec, 2012).

SACO pure	SACO contenant plus de 90 % de la même SACO (SPEDE).
Scénario de référence	Cas de référence qui aurait pu vraisemblablement se produire en l'absence du projet (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie, 2013).
Scénario de projet	Cas de figure lorsque le projet de réduction d'émissions de GES est réalisé (Définition de l'auteur).
Source de GES	Processus rejetant des GES à l'atmosphère (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie 2013).
tCO ₂ équivalent	Tonne exprimée en équivalent de CO ₂ , soit en fonction du PRP (Définition de l'auteur).

INTRODUCTION

Le Québec possède des objectifs de réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES) ambitieux pour l'année 2020, soit 20 % sous les niveaux d'émissions de 1990 (Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2015a). Le Gouvernement du Québec propose de viser une cible de 37,5 % sous les niveaux de 1990 pour 2030 (*ibid.*), cible qui demeure tout aussi ambitieuse. Pour atteindre cet objectif, ceci équivaut à une diminution annuelle des réductions des émissions de GES de 9,8 mégatonnes (Mt) de dioxyde de carbone (CO₂). La lutte contre les changements climatiques est nécessaire pour ces effets bénéfiques sur l'environnement et la survie de la planète, mais aussi sur l'économie et la société. Les changements climatiques sont connus comme causant des dommages par le réchauffement climatique, la désertification et la pollution atmosphérique. Ces changements peuvent provoquer la migration des populations affectant ainsi la société en plus d'avoir des conséquences économiques. Ils augmentent le nombre de maladies et les décès prématurés dus au stress lié aux augmentations de la température et de la pollution atmosphérique (Canada. Ressources naturelles Canada, 2004). Toutes les catastrophes naturelles qui découlent des changements climatiques et les phénomènes météorologiques extrêmes peuvent entraîner des conséquences sur la sécurité et la santé mentale des populations, que ce soit par exemple l'augmentation des niveaux de la mer ou l'érosion côtière qui obligera le déplacement des populations entières. Ces conséquences peuvent entraîner des coûts additionnels en cas de soins supplémentaires ou en cas de besoin de construction ou de reconstruction des infrastructures.

Le Gouvernement du Québec a mis en place en 2012 le *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques* afin de réduire ses émissions de GES et d'accroître sa résilience par rapport aux impacts anticipés de ces derniers. Ce plan comprend 30 priorités dont le choix a été guidé en fonction du développement durable. Le gouvernement désirait entre autres mettre en place un marché du carbone, favoriser l'émergence de bâtiments durables et affilier l'environnement avec l'économie dans la gestion des matières résiduelles (Québec. Gouvernement du Québec, 2012).

Pour favoriser l'émergence des bâtiments durables, le gouvernement visait à réduire l'utilisation des halocarbures pour le marché de la réfrigération dans les installations commerciales. Il visait à réduire les émissions des GES associées à la gestion des matières résiduelles, principalement par la mise en place de la biométhanisation pour les matières organiques et par la mise en place d'une responsabilité élargie des producteurs pour les appareils contenant des halocarbures. Le marché du carbone, par le *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre* (SPEDE)

au Québec, est maintenant instauré depuis 2011. Le SPEDE permet de réclamer sur une base volontaire des réductions d'émissions de GES afin d'obtenir des crédits compensatoires selon trois protocoles établis, dont un visant les substances appauvrissant la couche d'ozone (SACO). Le *Protocole 3 – Destruction des SACO contenues dans des mousses isolantes ou utilisées en tant que réfrigérant provenant d'appareils de réfrigération, de congélation et de climatisation* cible certaines SACO utilisées uniquement dans quelques activités de réfrigération et de climatisation. Les grands émetteurs visés par le SPEDE doivent diminuer leurs émissions de GES pour atteindre les valeurs d'émission prescrites. Sinon, ils doivent compenser leurs émissions, entre autres par l'achat de crédits compensatoires. Afin d'aider le Québec et les grands émetteurs dans l'atteinte de leurs objectifs de réductions d'émissions, l'offre de crédits compensatoires devrait être accrue en augmentant l'admissibilité des substances à plus d'halocarbures et à plus d'activités.

L'objectif principal de cet essai est de proposer des modifications au protocole existant du SPEDE visant les SACO ou l'ajout de nouveaux protocoles ciblant des halocarbures, afin d'augmenter et de faciliter la délivrance de crédits compensatoires au Québec. Conséquemment, ces modifications ou ces ajouts permettent une meilleure gestion de ces derniers. Plus spécifiquement, l'essai fait ressortir des activités non incluses dans le SPEDE utilisant des halocarbures. Ces nouvelles activités peuvent être identifiées à partir de l'évaluation des réserves canadiennes des halocarbures ou à partir de méthodologies ou de protocoles existants ailleurs qu'au Québec. Parmi les protocoles et méthodologies étudiés, certains visent les mêmes SACO que le SPEDE. Une comparaison avec ce dernier met en lumière les différences pour proposer des modifications au *Protocole 3* du SPEDE afin d'accroître la génération de crédits compensatoires ou de simplifier la délivrance de crédits compensatoires sans nécessairement accroître leur quantité.

Toutes les sources utilisées sont des sources fiables et pertinentes, afin d'assurer la qualité du contenu. Pour les sources utilisées, l'auteur est clairement identifié, et sa réputation dans le domaine ou son affiliation à une organisation ou une institution renforce la fiabilité de la source. Les sources utilisées possèdent un éditeur clairement identifié, connu, réputé ou spécialisé dans le domaine. Le contenu des sources répond aux besoins d'informations spécifiques, le raisonnement est bien construit, une méthodologie est présentée ou les informations et les données présentées sont basées sur des faits. Le contenu est toujours relativement récent, en fonction du domaine, afin de s'assurer d'utiliser les données les plus à jour. De plus, les sources Web sont crédibles, valides, mises à jour dernièrement et de qualité afin de s'assurer d'utiliser un esprit critique lors de leur utilisation.

Le premier chapitre de l'essai met en contexte le sujet, en expliquant ce que sont les halocarbures et leurs utilisations. De plus, il présente le marché du carbone réglementé du Québec faisant partie de la Western Climate Initiative (WCI). La présentation du SPEDE est effectuée, en mettant l'accent sur les protocoles de crédits compensatoires et leur manque de potentiel. La méthodologie permettant d'atteindre les objectifs est décrite.

Le deuxième chapitre présente l'état de la situation au Québec et au Canada sur l'utilisation des halocarbures, afin de faire ressortir les réserves potentielles qui peuvent générer des réductions d'émissions de GES et des crédits compensatoires. Les réserves potentielles des différentes activités sont présentées, soit la réfrigération, la climatisation ainsi que la mousse utilisée en isolation en fonction de l'origine résidentielle, commerciale, industrielle ou mobile. Pour les réserves potentielles des mousses isolantes, elles sont décrites selon leur fonction, soit dans les appareils de réfrigération ou dans les bâtiments. D'autres statistiques utiles pour l'analyse des données, comme les émissions d'halocarbures ainsi que leurs ventes et leurs reprises sont discutées. Finalement, le chapitre précise comment la réglementation en vigueur au Québec et au Canada peut influencer les réserves potentielles d'halocarbures.

Le troisième chapitre traite de différents protocoles ou méthodologies visant les halocarbures, et ce peu importe qu'ils soient présents dans les marchés volontaires ou réglementés. Ils peuvent concerner les mêmes activités que le SPEDE afin d'en comparer les différences ou peuvent viser des activités différentes afin d'identifier de nouvelles activités pouvant être ajoutées au SPEDE ou faire l'objet de nouveaux protocoles.

Le quatrième chapitre analyse en deux temps selon plusieurs critères les informations recueillies aux deux chapitres précédents. Il évalue la faisabilité pour ajouter les nouvelles activités identifiées qui ne sont pas incluses dans le SPEDE afin d'accroître la capacité de délivrance de crédits compensatoires. Il étudie le potentiel d'ajouter les différences qui sont ressorties avec le SPEDE afin d'augmenter ou de faciliter la délivrance de crédits compensatoires visant les halocarbures, sans toutefois nécessairement en augmenter la capacité.

Le cinquième chapitre propose les recommandations nécessaires afin d'augmenter et de faciliter l'émission de crédits compensatoires visant les halocarbures, que ce soit par l'ajout d'activité au *Protocole 3*, la modification du *Protocole 3* ou la création de nouveaux protocoles.

1 MISE EN CONTEXTE ET MÉTHODOLOGIE

Les impacts environnementaux des halocarbures, leur utilisation et leur gestion dans le cadre du marché du carbone et du SPEDE, sont présentés. La problématique, soit le manque de potentiel de délivrance de crédits compensatoires visant les halocarbures, est décrite. Finalement, ce chapitre présente la méthodologie et la démarche de réalisation de l'essai.

1.1 Halocarbures

Les halocarbures sont des substances d'origine anthropique ou synthétique, ce qui signifie qu'ils ne sont pas d'origine naturelle. Ces substances organiques renferment des liaisons chimiques entre le carbone, un ou plusieurs halogènes et parfois l'hydrogène (Le grand dictionnaire, 2012a). La famille des halogènes est constituée des éléments suivants : le fluor, le chlore, le brome, l'iode et l'astate. Ces particularités chimiques font qu'ils contribuent à deux principales problématiques environnementales : l'amincissement de la couche d'ozone et les changements climatiques (Québec. MDDELCC, 2015b).

En effet, puisque très stables, ils peuvent migrer jusqu'à la stratosphère. Les éléments de chlore et de brome qu'ils peuvent contenir participent à des réactions avec l'ozone stratosphérique, contribuant ainsi à l'amincissement de la couche d'ozone (*ibid.*). Dans ce cas-ci, les halocarbures contenant du chlore ou du brome pouvant réagir avec la couche d'ozone sont communément appelés des SACO. Tous les halocarbures ne sont pas des SACO. Parmi les familles d'halocarbures existantes, les chlorofluorocarbures (CFC), les hydrochlorofluorocarbures (HCFC), les bromofluorocarbures (les halons), les bromocarbures et les chlorocarbures sont des SACO (Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Faune et des Parcs (MDDEFP), 2012a). Ils possèdent chacun leur potentiel d'appauvrissement de l'ozone (PAO). Les hydrofluorocarbures (HFC) et les perfluorocarbures (PFC), qui ne contiennent pas d'éléments de chlore ni de brome pouvant réagir avec l'ozone, ne sont pas des SACO (*ibid.*). Ils sont des substances de remplacement aux SACO, et leur utilisation est en augmentation vu le bannissement des CFC et la réduction graduelle de la production des HCFC (Québec. MDDELCC, 2015b).

Le protocole de Montréal est un des exemples les plus aboutis en termes de coopération internationale. Il représente un accord international adopté en 1987 et signé aujourd'hui par 196 pays, dont le Canada. Ce protocole vise à réduire et à éliminer l'utilisation des SACO afin de protéger la couche d'ozone (Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), 2012). La réglementation mise en vigueur pour éliminer l'utilisation des SACO par les différentes instances des pays signataires amène alors une substitution des SACO par des substances de remplacement. Le protocole de Montréal propose deux

différents échéanciers d'arrêt graduel de production des SACO. Un échéancier adapté pour les pays en développement qui sont spécifiquement visés par un article du protocole (article 5) et un échéancier plus rapide pour les pays non visés par cet article. Le Canada n'est pas visé par cet article, et il doit donc respecter l'échéancier accéléré. Le tableau 1.1 présente les dates d'interdiction de production des principales SACO en vertu du protocole de Montréal. Les pays développés ont réussi à arrêter la production et la consommation des produits dangereux pour l'ozone, et les pays en voie de développement se trouvent aussi sur la bonne voie.

Tableau 1.1 Dates d'interdiction de production d'halocarbures en vertu du protocole de Montréal (inspiré de : PNUE, 2012)

Substances	Pays en voie de développement	Pays développés
Halon	1 ^{er} janvier 2010	1 ^{er} janvier 1994
CFC	1 ^{er} janvier 2010	1 ^{er} janvier 1996
HCFC	1 ^{er} janvier 2013	1 ^{er} janvier 1996
	1 ^{er} janvier 2015 : réduction de 10 %	1 ^{er} janvier 2004 : réduction de 35 %
	1 ^{er} janvier 2020 : réduction de 35 %	1 ^{er} janvier 2010 : réduction de 75 %
	1 ^{er} janvier 2025 : réduction de 67,5 %	1 ^{er} janvier 2015 : réduction de 90 %
	1 ^{er} janvier 2030 : réduction de 97,5 % et utilisation restrictive en réfrigération – climatisation	1 ^{er} janvier 2020 : réduction de 99,5 % et utilisation restrictive en réfrigération – climatisation
	1 ^{er} janvier 2040 : arrêt complet	1 ^{er} janvier 2030 : arrêt complet

Les halocarbures possèdent une grande capacité de rétention de la chaleur et ils possèdent chacun leur propre potentiel de réchauffement planétaire (PRP). En effet, ils peuvent être de plusieurs milliers de fois supérieures à celle du principal GES le CO₂ (Québec. MDDELCC, 2015b). Les halocarbures étant de puissants GES, ce sont donc des acteurs principaux dans le phénomène des changements climatiques.

Le tableau 1.2 présente le PAO et le PRP des principaux halocarbures utilisés. Le PAO est relatif au CFC-11, qui possède une valeur de 1 par définition, alors que le PRP est relatif au CO₂, qui lui possède une valeur de 1 par définition. L'évaluation des PRP par le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a aussi évolué et les valeurs entre 1995 et 2007 ont majoritairement augmenté. Cette réévaluation à la hausse confirme l'importance du rôle des halocarbures dans les changements climatiques et par conséquent, l'importance de les gérer adéquatement.

Tableau 1.2 PAO et PRP des principaux halocarbures utilisés (compilé d'après : PNUE, 2012; Québec. MDDELCC, 2015b; The Greenhouse Gas Protocol, 2015; GIEC, 1995 et GIEC, 2007)

Halocarbures	PAO	PRP sur un horizon de 100 ans selon le 2 ^e rapport du GIEC	PRP sur un horizon de 100 ans selon le 4 ^e rapport du GIEC
CFC-11	1	3 800	4 750
CFC-12	1	8 100	10 900
CFC-13	1		14 400
CFC-113	0,8		6 130
CFC-114	1,0		10 000
CFC-115	0,6		7 370
HCFC-21	0,04		151
HCFC-22	0,055	1 500	1 810
HCFC-123	0,02	90	77
HCFC-124	0,022	470	609
HCFC-141b	0,11	600	725
HCFC-142b	0,065	1 800	2 310
HFC-134a	0	1 300	1 430
HFC-23	0	11 700	14 800
HFC-245fa	0		1 030

Les halocarbures sont utilisés dans différents secteurs d'activités, dont la réfrigération et la climatisation, la protection incendie, la fabrication de mousses plastiques comme agent de gonflement, la fabrication de solvants et d'aérosols. Les halocarbures utilisés initialement, les CFC, à cause de leur action sur la couche d'ozone, ont été changés pour les substances de remplacement (Québec. MDDELCC, 2015b). Les halocarbures initialement utilisés ainsi que leur substance de remplacement sont présentés au tableau 1.3.

Tableau 1.3 Substances de remplacement des principaux halocarbures utilisés en fonction des produits ou des sources (inspiré de : Québec. MDDELCC, 2015b)

Produits ou sources	Halocarbures initialement utilisés	Substances de remplacement
Produits en aérosol	CFC-11 CFC-12	Propane Butane Isopentane Diméthyléther HCFC-22
Agent de gonflement dans la mousse de polyéthylène	CFC-11 CFC-12	HCFC-22 HFC-142b
Agent de gonflement dans la mousse de polypropylène	CFC-114	Mélange de HCFC et de HFC
Agent de gonflement dans la mousse de polystyrène	CFC-11 CFC-12	HCFC-142b
Agent de gonflement dans la mousse de polyuréthane	CFC-11	HCFC-141b
Mousse phénolique	CFC-11 CFC-113	HCFC-141b
Appareils de réfrigération et de climatisation	CFC-11 CFC-12	HCFC-22 HCFC-123 HFC-134a
Protection incendie – extincteurs portatifs	Halon-1211	Iodotrifluorométhane CO ₂ Poudre chimique
Protection incendie – systèmes à saturation	Halon-1301	Système à eau CO ₂ Trifluorométhane
Solvants de nettoyage destinés à l'industrie électronique	CFC-113	Nettoyage aqueux Solvants sans CFC HCFC-225
Agent de nettoyage pour nettoyage à sec	CFC-113	Perchloroéthylène Varsol®
Solvants de nettoyage et de dégraissage industriels	CFC-113 CCl ₄	Chlorure de méthylène
Adhésifs	1,1,1-Trichloroéthane	Hydrocarbures (HC)
Solvants pour travaux de laboratoire	1,1,1-Trichloroéthane CCl ₄ CFC-11 CFC-113	HC

1.2 Marché du carbone et faible potentiel de délivrance de crédits compensatoires

Différents règlements existent, tant au fédéral qu'au provincial, pour encadrer la gestion des halocarbures et les activités avec ces substances, que ce soit le *Règlement fédéral sur les halocarbures*

(2003) ou le *Règlement sur les halocarbures*. Au niveau provincial, il existe aussi le SPEDE. Ce règlement est entré en vigueur le 14 décembre 2011 pour faire suite à l'annexion du Québec à la WCI en 2008.

La WCI est le regroupement d'États américains et de provinces canadiennes, dont la Californie et le Québec font partie, qui souhaitent se doter d'un marché commun du carbone pour lutter contre les changements climatiques. Pour y arriver, chacun doit se doter d'une réglementation qui établit le mécanisme du système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de GES sur son propre territoire. Le SPEDE s'inscrit dans le cadre d'un marché réglementé, et non d'un marché volontaire. Ce dernier concerne un mécanisme d'échange de crédits carbone non lié à une réglementation gérée par un gouvernement (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie, 2013). Le Québec liait officiellement le 1^{er} janvier 2014 son marché à celui de la Californie dans le cadre de la WCI (Québec. MDDELCC, 2015c). Par conséquent, les entreprises inscrites peuvent alors échanger des droits d'émission de GES.

Le SPEDE soumet les grands émetteurs du secteur de l'industrie et de l'électricité ainsi que les distributeurs de combustibles fossiles à diminuer leurs émissions de GES. Les limites d'émissions diminuent progressivement chaque année pour inciter à adopter des pratiques plus écoresponsables, que ce soit en améliorant leur efficacité énergétique, en modifiant leurs procédés ou en utilisant des énergies renouvelables (Radio-Canada, 2015). Ainsi, l'innovation qui est mise en place afin d'atteindre les limites d'émissions de GES ouvre la porte au développement économique de secteurs plus sobres en carbone. Les grands émetteurs peuvent même réduire sous leur limite permise leur émission de GES et voir leurs efforts se transformer en crédits qu'ils peuvent échanger ou vendre à d'autres grands émetteurs.

Si les entreprises dépassent leurs droits d'émission, elles devront compenser leurs émissions. Elles peuvent le faire soit avec les allocations gratuites, l'achat de droits d'émissions lors des ventes aux enchères, l'achat de droits d'émissions lors de la vente de gré à gré du ministre ou l'achat de crédits compensatoires. Les crédits compensatoires utilisés pour compenser les émissions de GES ne peuvent excéder 8 % de ces dernières. Les revenus issus du marché du carbone lors des ventes aux enchères ou de gré à gré sont versés au Fonds vert pour favoriser la mise en œuvre du *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*. Ce fonds incite entre autres l'implantation de projets pour accélérer la transformation de l'économie québécoise en économie verte (Meterissian, 2014).

Le 12 décembre 2012, les protocoles de crédits compensatoires ajoutés au SPEDE entraient en vigueur. Bien que le SPEDE ne contrôle pas les activités des halocarbures, il permet de réclamer sur une base

volontaire des réductions d'émissions de GES pour la destruction de SACO selon le *Protocole 3* pour un projet réalisé par un promoteur. Les principaux HCFC et HFC utilisés couramment ne sont pas inclus dans ce protocole. Le fait d'inclure ces substances augmenterait la capacité de l'offre de crédits compensatoires au Québec, en plus d'avoir une meilleure et une saine gestion des halocarbures. En effet, il est reconnu que le Québec se soucie peu du stock existant de SACO et des HFC ainsi que de ce qui sera fait pour les détruire (Québec. MDDELCC, 2015d).

Un effort doit être effectué afin de maximiser le potentiel de délivrance des crédits compensatoires. Il est connu, selon un mémoire de Réseau Environnement (2014), qu'aucun processus n'ait été mis en place pour assurer l'applicabilité avec les promoteurs ou pour accepter une déviation des protocoles. Les protocoles ont été ajoutés à la fin de 2012, alors que les activités y sont admissibles depuis 2007. Il est aussi connu qu'il y a un manque en matière de crédits compensatoires au Québec et que son offre est limitée et insuffisant (Dumont, 2013; ÉcoRessources, 2013). Le SPEDE contient à ce jour trois protocoles seulement : *Protocole 1 – Recouvrement d'une fosse à lisier – destruction du CH₄*, *Protocole 2 – Lieux d'enfouissement – destruction du CH₄* et *Protocole 3 – Destruction des SACO contenues dans des mousses isolantes ou utilisées en tant que réfrigérant provenant d'appareils de réfrigération, de congélation et de climatisation*. Le MDDELCC a récemment publié un projet de règlement qui ajouterait deux nouveaux protocoles (Québec. MDDELCC, 2015e). Ces protocoles concerneraient la destruction du méthane provenant du système de dégazage des mines de charbon en exploitation et la destruction du méthane de ventilation des mines de charbon souterraines en exploitation. De plus, le MDDELCC précise qu'un protocole sur le boisement et le reboisement sur le territoire forestier privé est actuellement en préparation et devait faire l'objet d'une consultation en 2015.

Bien que ces ajouts permettraient d'augmenter l'offre de crédits compensatoires au Québec, seulement sept projets sont actuellement enregistrés dans le registre des projets de crédits compensatoires depuis l'ajout des trois premiers protocoles en 2013, totalisant 1 300 000 tonnes de CO₂ équivalent (tCO₂ équivalent) pour des projets variant de 3 à 10 ans (Québec. MDDELCC, 2015f). Parmi ceux-ci, trois projets comptent une durée réelle et se sont vus allouer des crédits compensatoires, alors que les autres sont toujours en cours de réalisation. Un de ces projets de réduction de GES vise les SACO et ne s'est pas vu octroyer la totalité de réductions réclamées, puisqu'il ne répondait pas à toutes les exigences du *Protocole 3*. La moitié des tCO₂ équivalent inscrite au registre concerne les SACO (409 000 tCO₂ équivalent pour 3 ans pour des appareils d'origine canadienne). En 2012, le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) estimait le potentiel des crédits compensatoires du

Protocole 3, qui à cette époque concernait seulement les agents de gonflements dans les mousses, à 100 000 tCO₂ équivalent par année au Québec et à 500 000 tCO₂ équivalent par année au Canada (Noël de Tilly et Béland-Plante, 2012). En ajoutant les réfrigérants qui sont maintenant inclus dans le *Protocole 3*, l'estimation du potentiel de crédits compensatoires MDDEP devrait alors augmenter. Toutefois, les 409 000 tCO₂ équivalent sur les 3 ans, soit 136 000 tCO₂ équivalent par année, représentent à peine la valeur estimée québécoise par année par le MDDEP avant l'ajout des réfrigérants.

Ces informations et ces chiffres démontrent la difficulté d'aller chercher des crédits compensatoires et le faible potentiel de délivrance de crédits compensatoires possible. Le fait que seulement les SACO soient couvertes dans le *Protocole 3*, et non certains HCFC ainsi que HFC, entraîne aussi le manque d'occasion de générer des crédits compensatoires. Modifier le *Protocole 3* pour ajouter des activités visant les halocarbures favoriserait l'accroissement de l'offre des crédits compensatoires au Québec tout en aidant indirectement à la gestion des halocarbures.

1.3 Méthodologie

Afin d'accroître et de simplifier le potentiel de crédits compensatoires associés à la destruction des halocarbures, la première étape est une recherche d'information, concernant les réserves potentielles et futures des halocarbures. La recherche d'information se compose d'une deuxième étape sur les protocoles et méthodologies existants ailleurs qu'au Québec, afin d'identifier de nouvelles activités non couvertes dans le SPEDE. Dans ce cas, les scénarios de référence et de projet de ces derniers sont donc évalués. Les mécanismes des protocoles ou méthodologies existants visant la récupération et la destruction des SACO comme le SPEDE sont comparés avec ce dernier. Leurs différences dans les mécanismes sont ressorties. Les mécanismes comprennent les critères d'admissibilité des halocarbures, dont le point d'origine, ainsi que les différentes étapes menant aux calculs de réductions d'émissions, soit la pesée, la circulation et l'échantillonnage.

L'analyse multicritères s'effectue en deux temps. D'abord, les nouvelles activités non couvertes dans le SPEDE sont analysées afin de faire ressortir celles qui font augmenter la capacité de délivrance des crédits compensatoires. Les nouvelles activités peuvent avoir été identifiées grâce à un protocole existant ou simplement par une description de l'utilisation des halocarbures. Ces nouvelles activités sont analysées selon trois critères : le potentiel, l'applicabilité ainsi que l'additionnalité de ces nouvelles activités. Ensuite, les différences identifiées avec le SPEDE parmi les protocoles et les méthodologies sont analysées selon deux critères : leur potentiel de valeur ajoutée et leur applicabilité. L'analyse fait

ressortir les différences pouvant faciliter la délivrance de crédits compensatoires, sans toutefois augmenter leur capacité. Ces deux analyses multicritères permettent de classer les nouvelles activités ainsi que les différences identifiées en fonction de leur importance afin de recommander de les ajouter au SPEDE ou de créer un nouveau protocole.

2 ÉTAT DE LA SITUATION AU QUÉBEC ET AU CANADA

L'état potentiel de la situation de l'utilisation des halocarbures ainsi que les prévisions sur l'utilisation des halocarbures est nécessaire pour analyser le potentiel des réserves d'halocarbures. Les activités qui peuvent générer éventuellement des réductions d'émissions de GES sont décrites. Ensuite, des statistiques connues sur les émissions, les reprises et les ventes d'halocarbures au Québec sont présentées afin de comprendre leur utilisation. Finalement, la réglementation applicable au Canada et au Québec est décrite, afin de voir comment elle peut influencer leur utilisation future.

2.1 Réserve potentielle d'halocarbures au Québec et au Canada

Comme présentées au tableau 1.3, les différentes utilisations des halocarbures sont majoritairement la réfrigération et la climatisation et l'utilisation dans la fabrication de mousses plastiques comme agent de gonflement. Ils sont aussi utilisés dans la protection incendie ainsi que dans la fabrication de solvants et d'aérosols. Ce chapitre présente l'utilisation d'halocarbures dans la réfrigération, dans la climatisation et dans la fabrication de mousse plastique.

La réfrigération peut être classée en quatre groupes au Canada. La réfrigération résidentielle est utilisée pour la conservation de la nourriture dans chaque foyer canadien. La réfrigération commerciale est utilisée dans les points de vente au détail. La réfrigération industrielle concerne l'industrie de la transformation alimentaire et les entrepôts frigorifiques. Finalement, elle comprend la réfrigération mobile, qui est constituée des appareils qui préservent et conservent les produits alimentaires durant le transport routier, ferroviaire, aérien et maritime.

La climatisation comporte trois principales catégories. La climatisation résidentielle, qui est constituée de petits appareils de différents types installés dans les résidences. La climatisation commerciale et institutionnelle, qui est constituée majoritairement de plus gros appareils. Finalement, la climatisation mobile qui comprend les climatiseurs contenus dans les véhicules.

La mousse plastique quant à elle comporte deux catégories principales, soit les mousses utilisées dans les appareils de réfrigération ou soit les mousses utilisées dans les bâtiments. Seulement ces deux catégories principales sont présentées. Les mousses isolantes sont aussi utilisées dans les chauffe-eau, les unités de transport réfrigérées ainsi que différentes flottes de navires. Pour cette dernière application, les mousses n'ont pas un rôle isolant, mais bien un rôle structurel.

2.1.1 Réfrigération résidentielle

Le tableau 2.1 présente le taux de possession des réfrigérateurs et des congélateurs des foyers canadiens. Bien que les refroidisseurs d'eau et autres appareils de refroidissement comme les celliers puissent aussi s'y retrouver, il n'existe aucune statistique les concernant. En considérant en 2009 les 13 417 000 ménages canadiens, il y avait une réserve d'appareils résidentiels canadiens de 24 070 098, qui peuvent fonctionner avec des CFC ou du HFC. Sachant qu'environ 120 g (Recyclage ÉcoSolutions, 2015) à 200 g (Cheminfo Services, 2009) de réfrigérants sont contenus dans ces appareils et que ces derniers atteindront éventuellement leur fin de vie, ils représentaient une réserve de 2 888 à 4 814 tonnes (t). Selon le même calcul, Cheminfo Services (*ibid.*) estimait en 2007 une réserve d'halocarbures de 3 784 t puisque ces appareils arriveront éventuellement en fin de vie. Durant leur cycle d'utilisation, il est connu que chacun possède son propre taux de fuite annuel, faisant ainsi diminuer les quantités possibles d'halocarbures à récupérer. Par exemple, les réfrigérateurs résidentiels vont fuir à un taux inférieur à 5 % annuellement (Cheminfo Services, 2009).

Tableau 2.1 Taux de possession d'appareils de réfrigération résidentielle par ménage canadien (compilation d'après : Cheminfo Services, 2009, p. 7 et Canada. Statistiques Canada, 2015)

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Au moins un réfrigérateur	99,7 %	99,8 %	99,7 %	99,8 %	99,9 %	99,8 %	99,8 %
Un réfrigérateur	75,5 %	74,0 %	74,3 %	73,5 %	73,1 %	73,8 %	73,1 %
Deux réfrigérateurs et plus	24,3 %	25,8 %	25,4 %	26,3 %	26,8 %	26,1 %	26,1 %
Au moins un congélateur	56,1 %	55,2 %	56,3 %	53,9 %	53,0 %	54,0 %	54,1 %
Nombre de ménages canadiens	12 189 300	12 343 330	12 586 770	12 755 570	12 985 140	13 164 370	13 417 000

Le CFC-12 était utilisé pour les appareils produits jusqu'en 1995 (Groupe de travail fédéral-provincial sur l'harmonisation des mesures antipollution, 1992). Depuis, les appareils fonctionnent avec le HFC-134a.

2.1.2 Réfrigération commerciale

Pour la réfrigération commerciale, les appareils autonomes sont souvent utilisés. Il ressemble aux appareils résidentiels, puisque la seule chose à faire est de les brancher une fois qu'ils sont installés. Ils peuvent être des refroidisseurs d'eau, des distributeurs de boissons ou autres distributeurs

automatiques, des machines à glace, des vitrines autonomes ou des congélateurs à crème glacée. Il est estimé qu'il y avait environ 1,2 million de distributeurs automatiques et 0,6 million d'appareils autonomes au Canada en 2003 (Cheminfo Services, 2009). Cheminfo Services (2009) suppose que les 1,2 et 0,6 million d'appareils de distribution et d'appareils autonomes commerciaux pouvaient contenir entre 0,5 kilogramme (kg) et 1 kg d'halocarbures. La réserve potentielle était de 1 300 t. Pour remplacer le CFC-12 originalement utilisé, des mélanges de HFC et du HFC-134a sont maintenant utilisés.

La réfrigération commerciale comprend aussi les groupes compresseurs-condenseurs. Les composantes de réfrigération, soit les compresseurs, condenseurs et réservoirs sont situés à l'extérieur de l'appareil contrairement aux appareils autonomes. Ceux-ci sont fréquemment utilisés dans les dépanneurs, boulangeries et boucheries. Il est estimé qu'en 2003, le Canada avait 0,5 million de ces appareils et que le HCFC-22 était grandement utilisé dans ce type d'appareil commercial (*ibid.*). Les appareils commerciaux de type compresseurs-condenseurs peuvent contenir 7,5 kg, pour une réserve potentielle de 4 001 t.

On retrouve aussi dans la réfrigération commerciale des systèmes centralisés. Ils se retrouvent normalement dans les supermarchés. Au Canada en 2003, il était estimé qu'il y avait 4 100 supermarchés et donc le même nombre de systèmes centralisés (*ibid.*). La grande majorité d'entre eux fonctionnait au HCFC-22, et une plus petite portion fonctionnait au HFC (HFC-404a, HFC-507a, HFC-134a). Leurs appareils de réfrigération fonctionnaient avec des quantités d'halocarbures entre 1 000 et 1 500 kg, pour une réserve potentielle de 4 626 t. Il existe aussi d'autres applications commerciales au Canada qui utilisent la réfrigération : les patinoires et pistes de curling. Il y avait environ 2 500 arénas au Canada en 2007, dont 65 % utilisaient l'ammoniac (NH₃) comme réfrigérant et 25 % utilisent des halocarbures. L'halocarbure utilisé était fort probablement le HCFC-22 pour une quantité de 500 kg (*ibid.*). Le 10 % résiduel représentait les patinoires naturelles. Finalement, il y avait 1 300 pistes de curling au Canada, avec l'hypothèse de la même utilisation de type de réfrigérant, mais en quantité moindre, soit 250 kg. Ceux-ci représentaient une réserve potentielle de 1 476 t.

Globalement, la réfrigération commerciale représentait donc en 2007 une réserve potentielle de 9 296 t sans les arénas ou de 11 402 t en comptant les arénas. Le GIEC (2005) estime que ces appareils vont fuir jusqu'à 30 % annuellement, diminuant ainsi la quantité d'halocarbures à récupérer. Par contre, ces appareils sont rechargés afin de pouvoir continuer à les utiliser.

2.1.3 Réfrigération industrielle

La réfrigération industrielle est constituée de la transformation alimentaire, des entrepôts frigorifiques et de la réfrigération industrielle dans des applications chimiques, pétrolières, gazières et pétrochimiques (Cheminfo Services, 2009). Elle comprend les appareils qui préservent, transforment et entreposent des aliments de leur source jusqu'au point de vente. La réfrigération industrielle est aussi utilisée pour la transformation chimique, la conservation au froid, la transformation alimentaire, le chauffage et le refroidissement à distance. Ce type de réfrigération industrielle est constitué de plus gros appareils. Par contre, il n'existe aucune statistique sur l'inventaire des appareils de réfrigération industrielle et le type d'halocarbures qu'ils utilisent, puisque ces équipements sont souvent fabriqués sur mesure et installés sur les lieux. Cheminfo Services (*ibid.*) présente tout de même une réserve potentielle de 7 567 t d'halocarbures en 2007.

Durant leur cycle d'utilisation, les appareils de réfrigération industrielle vont fuir de 20 % annuellement (Ross, 2012; GIEC, 2005), pouvant ainsi réduire la quantité d'halocarbures qu'ils contiennent. Par contre, certaines de ces fuites seront compensées par des recharges lors de l'entretien.

2.1.4 Réfrigération mobile

La réfrigération mobile est utilisée dans les navires frigorifiques, le transport routier, le transport ferroviaire ainsi que les conteneurs. Il était estimé que le Canada possédait 30 navires frigorifiques pour le transport de denrées périssables en 2007 (Cheminfo Services, 2009), et qu'ils fonctionnaient au HCFC-22. D'autres types de navires, que ce soit ceux de pêche commerciale, de transport de marchandises ou militaires, peuvent aussi avoir des systèmes de réfrigération. Au Canada, leur nombre était estimé à 1 300. Ils utilisaient majoritairement du HCFC-22 et certains HFC. En 2003, la flotte mondiale était constituée de 4 millions de camions réfrigérés dont 20 % contenaient des CFC, 20 % du HCFC-22 et 60 % des HFC, principalement du HFC-134a. Ceci correspond respectivement à 4 000 t de CFC, 4 000 t de HCFC-22 et 14 000 t de HFC. En transposant ces chiffres au Canada, soit pour 92 000 camions réfrigérés, il était estimé que la réserve potentielle était de 932 t. Le transport ferroviaire réfrigéré a été remplacé au Canada par l'utilisation de conteneur entre 1986 et 2001. En 2005 au Canada, on estimait qu'il y avait 17 500 conteneurs réfrigérés utilisés et qu'ils contenaient presque en totalité du HFC-134a. Ces quantités s'ajoutent aux réserves potentielles d'halocarbures.

Le GIEC (2005) estime que les équipements de réfrigérations mobiles vont fuir de 25 à 35 % par année. Ces appareils peuvent être rechargés, afin de conserver leur potentiel de réfrigération, gardant ainsi les mêmes quantités d’halocarbures en réserve.

2.1.5 Climatisation résidentielle

La climatisation résidentielle comprend trois catégories : petits climatiseurs autonomes, climatiseurs avec compresseur à l’extérieur et unités murales intérieures ainsi que climatiseurs avec compresseur à l’extérieur et avec conduite d’air dans la maison. De plus, les déshumidificateurs par le type et les quantités d’halocarbures qu’ils contiennent entrent aussi dans cette catégorie. Traditionnellement, les climatiseurs utilisaient du HCFC-22, mais utilisent maintenant des HFC. Le tableau 2.2 présente le taux de possession d’appareils de climatisation résidentielle en fonction des années. Il est possible de remarquer que globalement, le taux de possession de ces appareils a été à la hausse de 2003 à 2009. En considérant que 49,2 % des ménages possédaient en 2009 des appareils de climatisation, il y avait une réserve de 6 601 164 appareils. Puisque les climatiseurs autonomes contiennent entre 368 grammes (g) (Recyclage ÉcoSolutions, 2015) et 700 g (Cheminfo Services, 2009) et que les systèmes centraux en possèdent 3,4 kg (*ibid.*), ceci représente une réserve de 15 244 t à 16 032 t d’halocarbures. Les appareils de climatisation centrale vont fuir 5 % par année (Ross, 2012; GIEC, 2005), faisant ainsi diminuer les quantités possibles d’halocarbures à récupérer. Certaines de ces fuites seront compensées par des recharges lors de l’entretien.

Tableau 2.2 Taux de possession d’appareils de climatisation résidentielle par ménage canadien (compilation d’après : Cheminfo Services, 2009, p. 4 et Canada. Statistiques Canada, 2015)

Type	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Climatiseurs autonomes (type fenêtre)	14,9 %	14,5 %	15,8 %	18,0 %	18,8 %	18,2 %	17,7 %
Climatiseurs de type central	24,7 %	27,2 %	28,4 %	30,2 %	29,6 %	31,6 %	31,5 %
Nombre de ménages canadiens	12 189 300	12 343 330	12 586 770	12 755 570	12 985 140	13 164 370	13 417 000

En 2006, environ 13 % des foyers canadiens possédaient un déshumidificateur afin de conditionner l’air intérieur, pour un total de 1,75 million d’unités (Cheminfo Services, 2009). Ces appareils fonctionnaient traditionnellement avec du CFC-12 et du HCFC-22, mais fonctionnent maintenant avec des HFC. Ces

appareils, qui contiennent entre 200 g (*ibid.*) et 368 g d'halocarbures (Recyclage ÉcoSolutions, 2015), représentaient une réserve entre 350 et 644 t.

Au total, ceci correspond à une réserve potentielle de 15 594 t à 16 676 t. En comparaison, Cheminfo Services estimait qu'en 2007, il y avait une réserve de 14 700 t en incluant les déshumidificateurs.

2.1.6 Climatisation institutionnelle et commerciale

Au niveau de la climatisation institutionnelle et commerciale, le nombre de bâtiments dotés de climatisation en 2000 au Canada était de : 17 000 pour les climatiseurs autonomes, 23 000 pour les climatiseurs centraux, 55 000 pour les climatiseurs commerciaux, 55 000 pour les refroidisseurs et 8 000 pour les thermopompes (Cheminfo Services, 2009). Ces appareils utilisaient ordinairement du HCFC-22, mais de plus en plus utilisent des HFC. Par contre, ceux qui utilisaient du CFC-11 et du HCFC-123 utilisent maintenant du HFC-134a. En 2007, il y avait une réserve de 4 915 t d'halocarbures.

2.1.7 Climatisation mobile

Les climatiseurs mobiles sont utilisés dans les véhicules en tout genre. Les véhicules, une fois hors d'usage, peuvent être entreposés, démantelés, pressés ou déchiquetés (Québec. MDDEFP, 2012a). Les matières dangereuses résiduelles, comme les carburants, les huiles usées, l'antigel ainsi que le réfrigérant des systèmes de climatisation doivent toutefois être gérés adéquatement. Le *Règlement sur les halocarbures* vise aussi les recycleurs de pièce d'auto et de camion. Ils doivent récupérer les halocarbures contenus dans les systèmes de climatisation avec les équipements nécessaires par une personne qui possède les qualifications requises. Ils doivent être valorisés ou retournés chez le fournisseur ou le distributeur.

Selon Cheminfo Services (2009), les appareils mobiles vont fuir à un taux de 25 % annuellement, alors que le GIEC (2005) estime qu'ils vont fuir à un taux de 10 à 15 % et que le United State Environmental Protection Agency (US EPA) (2007) estime qu'ils vont fuir à un taux de 20 % par année. Une étude a été effectuée en Californie, afin de réduire les émissions des HFC provenant des climatiseurs mobiles. Pour ce faire, elle s'est basée sur le fait qu'ils peuvent fuir tranquillement, par diffusion d'un système pressurisé ou par l'usure de pièces qui créent les fuites (Californie. ARB, 2015). Elle a relevé que lors d'accidents, d'entretien ou de disposition des automobiles, de plus grandes fuites peuvent survenir. L'utilisation de substances à faible PRP diminuerait les impacts associés au GES. De plus, il a été démontré que bien que les halocarbures des véhicules en fin de vie doivent être récupérés, ceux-ci ne le

sont pas toujours de façon correcte comme la loi l'exige. En fait, lors de réparation et d'entretien et lors de la récupération des halocarbures en fin de vie, 50 % des halocarbures contenus fuient à l'atmosphère. Des équipements qui créent un meilleur vide facilitent la récupération complète de ces derniers. Des données démontrent que les halocarbures sont récupérés entre 17 et 57 % de la capacité maximale que les véhicules peuvent contenir (Staudinger et Koelieian, 2001). Au Japon, 23 % des halocarbures étaient récupérés (Japan for Sustainability, 2005) alors qu'aux Pays-Bas, les chiffres varient entre 34 et 38 % de la quantité initialement chargée (European commission – Directorate general environment, 2003). Il a été démontré que pour les véhicules en fin de vie, desquels les halocarbures ont été récupérés en suivant prétendument la réglementation, il restait en moyenne 26 % de la capacité en halocarbures, soit 220 g des 853 g que les 1 966 véhicules échantillonnés contenaient (Stover et Wimberger, 2010).

Il y a en moyenne en Californie 340 313 véhicules contenant du HFC-134a en fin de vie par année. Le tableau 2.3 présente les taux de possession des ménages canadiens pour des véhicules, loués à long terme ou achetés. En utilisant la même quantité par véhicule de la Californie, soit 853 g, il y aurait en 2009 une réserve d'halocarbures de 9 900 t parmi les véhicules des ménages canadiens. Selon Cheminfo Services (2009), les quantités sont plutôt de 700 g par climatiseurs, diminuant ainsi les réserves à 8 124 t. En comparaison, le même auteur présentait une réserve de 14 263 t d'halocarbures en 2007.

Tableau 2.3 Taux de possession de véhicules par ménage canadien (compilation d'après : Cheminfo Services, 2009, p. 5 et Canada. Statistiques Canada, 2015)

Année	2005	2006	2007	2008	2009
Véhicule (automobile, camion, fourgonnette), acheté ou loué à long terme	83,6 %	82,5 %	83,1 %	82,4 %	83,2 %
Un véhicule (automobile, camion, fourgonnette), acheté	43,5 %	42,6 %	41,6 %	41,7 %	41,3 %
Deux ou plus véhicules (automobile, camion, fourgonnette), achetés	35,5 %	34,7 %	36,1 %	35,6 %	37,6 %
Un véhicule (automobile, camion, fourgonnette), loué à long terme	8,6 %	9,6 %	9,6 %	9,1 %	7,7 %
Un véhicule (automobile, camion, fourgonnette), loué à long terme	1,5 %	1,2 %	1,1 %	1,6 %	0,8 %
Nombre de ménages canadiens	12 586 770	12 755 570	12 985 140	13 164 370	13 417 000

Non seulement les climatiseurs mobiles sont utilisés dans les véhicules des ménages canadiens, mais ils peuvent aussi être utilisés dans le domaine commercial ou industriel. Le Canada comptait environ 20,4

millions de véhicules routiers enregistrés. Ce chiffre comprend les véhicules routiers motorisés (voitures sauf autobus), les motocyclettes, les motoneiges ainsi que divers appareils spéciaux (grues, balayeurs de rue, chasse-neige, pelles rétrocaveuses (Cheminfo Services, 2009). Parmi ceux-ci, 96 % sont des appareils dits légers, soit de 4,5 t et moins. Il est aussi considéré que 93 % de tous les véhicules routiers enregistrés possèdent un climatiseur mobile. L'ajout de ces véhicules augmente donc la réserve calculée par l'auteur.

Le CFC-12 était originellement utilisé, mais depuis les années 1990, le HFC-134a est presque universellement adopté. Dans les pays développés, 50 % de la consommation du HFC-134a manufacturé sont utilisés pour la fabrication et l'entretien des climatiseurs mobiles (Velders et autres, 2009). Il est estimé qu'une voiture a une durée de vie de 15 ans et qu'elle émettra 1 400 g de HFC lors de sa vie utile (*ibid.*).

2.1.8 Mousse isolante dans les appareils de réfrigération

La mousse isolante en fin de vie libérera les agents de gonflement et par conséquent des GES. Par exemple, il est estimé aux États-Unis que les SACO et les HFC contenus dans les mousses comptent pour une réserve de 61 % de tous les SACO et les HFC que le pays contient (Caleb Management Services Limited, 2011). Le potentiel de réductions d'émissions est possible lors de leur fabrication, leur installation, leur utilisation ainsi que leur fin de vie.

Les appareils électroménagers arrivant en fin de vie sont broyés avec l'appareil afin d'en récupérer le métal. Les mousses isolantes qu'ils contiennent sont aussi broyées. Une fois le métal récupéré, les autres éléments se retrouvent à l'enfouissement dans la plupart des pays (Kjeldsen, 2008). Une portion des halocarbures contenus dans la mousse isolante sera émise lors du broyage, l'autre portion sera donc émise lors de l'enfouissement. En effet, plus de 75 % des agents de gonflement contenus dans les mousses isolantes se retrouvent à l'enfouissement malgré l'étape du broyage (Scheutz et autres, 2007a). Une autre étude a démontré que les pertes d'agent de gonflement peuvent varier de 9,4 à 38,7 %, en fonction du format du matériel broyé; plus les matériaux sont broyés en petits morceaux, plus les agents de gonflement seront émis (Scheutz et autres, 2007b). Les agents de gonflement une fois enfouis sont partiellement dégradés ou relâchés à l'atmosphère. Par contre, ces études ont été utilisées afin de déterminer les facteurs d'émission des halocarbures une fois que les mousses isolantes sont enfouies. Comme mentionnées par les auteurs, ces études comportent leur lot d'incertitude, entre autres à cause des données limitées et de la représentativité des conditions requises pour les sols. Basé sur ces

questionnements scientifiques, il serait ainsi plus conservateur d'avoir une approche qui présume que 50 % des agents de gonflement une fois enfouis sont émis à l'atmosphère (EOS Climate, 2009 et 2014). Basées sur de nouveaux calculs, les émissions du CFC-11 dans un scénario de référence sont de 56 % et non de 44 % (EOS Climate, 2014). L'annexe 1 présente tous les facteurs d'émission révisés selon les corrections proposées.

La réfrigération résidentielle et commerciale comporte aussi des agents de gonflements dans les panneaux de mousse isolante. Dans les appareils électroménagers, le CFC-11 était utilisé comme agents de gonflement avant 1995. Par la suite, il a été remplacé par le HCFC-141b qui lui est graduellement remplacé par le HFC-245a (Caleb Management Services Limited, 2011). Il est maintenant interdit d'utiliser, de fabriquer, de vendre ou d'importer des HCFC depuis 2010 (*Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone (1998)*). Sachant qu'un appareil résidentiel contient entre 240 et 480 g d'agent de gonflement en fonction de son format (SPEDE) les appareils résidentiels en 2007 peuvent contenir entre 5 777 et 11 554 t. La compagnie EOS Climate suggère un chiffre conservateur d'agent de gonflement contenu dans les mousses de 0,083 à 0,085 kg d'agents de gonflement par kg de mousse dans les appareils électroménagers, pourvu que la mousse soit correctement retirée, entreposée et transportée (EOS Climate, 2009). De plus, une unité contient environ 5,74 kg de mousse (*ibid.*). Ces informations sont basées sur une étude de démantèlement de Recyclage ÉcoSolutions et de Jaco Environmental.

En considérant les 24 070 098 appareils électroménagers des ménages canadiens, il y avait donc en 2007, 11 468 t de réserve en termes d'agent de gonflement contenu dans les appareils résidentiels. Par contre, les appareils plus âgés, souvent ceux fabriqués avant 1980 (Recyclage ÉcoSolutions, 2015), peuvent contenir de la laine minérale et non de la mousse isolante. Cette valeur est donc surestimée. Toutefois, en y ajoutant les quantités des appareils commerciaux, la valeur augmenterait de nouveau.

2.1.9 Mousse isolante dans les bâtiments

Les mousses isolantes sont utilisées dans la construction ou dans d'autres domaines où l'isolation est nécessaire. Les déchets de construction et de démolition deviennent de plus en plus importants dans le monde (Kjeldsen, 2008). Les mousses isolantes, qui contiennent des halocarbures, se retrouvent alors enfouies avec les déchets. Les méthodes traditionnelles de démolition impliquent normalement l'écrasement et la compaction des matériaux, provoquant ainsi le relâchement d'une quantité importante d'agents de gonflement. Toutefois, malgré l'étape de compaction ou de broyage, il est

prouvé que la plus grande majorité des agents de gonflement se retrouveront dans les mousses enfouies comme présenté au chapitre 2.1.8.

Une analyse a été effectuée afin de déterminer la réserve d'halocarbures contenus dans les mousses en Californie et les auteurs ont constaté qu'il manque d'information pour caractériser adéquatement et quantifier la mousse en réserve (Caleb Management Services Limited, 2011). Les déchets de constructions et de démolition en Californie contiennent peu d'isolation. L'étude a démontré que la majorité de la mousse qui provient des bâtiments est enfouie. Les déchets générés annuellement en Californie sont de 40 Mt par année. De cette quantité, 6,4 Mt, ou 16 % sont des déchets de la construction et de la démolition (*ibid.*). Les mousses isolantes comptent pour 0,23 % des déchets. Les taux de démolition sont respectivement de 1 % et de 2 % par année pour les bâtiments résidentiels et commerciaux. L'auteur recommande qu'il y ait le traitement des mousses dans les installations de recyclage d'appareils électroménagers, comme il peut se faire en Europe.

Les matières principales se retrouvant dans le secteur de la construction, rénovation et démolition sont le béton, le ciment, les pierres, les briques, le métal, le bois, les panneaux de gypse, les bardeaux d'asphalte, les emballages de plastique, de papiers et de cartons (Recyc-Québec, 2010). Pour l'année 2013, les données d'élimination des débris de construction, rénovation et déconstruction (CRD) au Québec sont de 1 130 900 t (Québec. MDDELCC, 2015g). Par contre, il est impossible de connaître les statistiques de ces débris de CRD et le type de déchets. En considérant la même proportion qu'en Californie, cela signifie que 2 601 t de mousse isolante ont été enfouies. Les données d'élimination des débris de CRD en 2013 sont présentées en annexe 2. Les chiffres californiens ne peuvent pas être tout à fait représentatifs de la réalité québécoise. En effet, le climat étant différent, de plus grandes quantités d'isolant doivent être nécessaires au Québec. Toutefois, à défaut d'avoir des statistiques précises, ceci donne une idée de l'ordre de grandeur. Un article de Harvey (2007) propose des quantités de 0,100 kg d'agent de gonflement pour chaque kg de mousse et une quantité de 0,123 kg d'agent de gonflement par kg de mousse pour respectivement l'utilisation du HCFC-141b et du HFC-365mfc. Ce HCFC et ce HFC sont les substances de remplacement du CFC-11 utilisé avant 1995 pour certains types de mousse (Caleb Management Services Limited, 2011). En se basant sur la valeur de 0,100, il y aurait eu 425 t et 260 t d'halocarbures envoyées à l'enfouissement en 2008 et en 2013. En plus des quantités de déchets envoyés à l'enfouissement, les bâtiments existants constituent une réserve d'halocarbures qui ne peut pas être quantifiée, puisque les bâtiments possèdent des quantités différentes d'halocarbures.

2.1.10 Résumé du potentiel de réserve des halocarbures

Le tableau 2.4 présente le sommaire des réserves potentielles des réfrigérants au Canada en 2007. Bien que certaines valeurs aient été présentées pour 2009 dans les chapitres 2.1.1 à 2.1.3, l'année 2007 comportait les valeurs les plus complètes et provenait de la même source. Les HCFC représentaient environ 45 % parmi les halocarbures utilisés, dont la moitié se trouvait dans les systèmes de climatisation résidentielle. Les CFC représentaient environ 6 % des halocarbures utilisés qui se trouvent particulièrement dans les refroidisseurs, les climatiseurs mobiles et les vieux appareils de réfrigération et congélation résidentiels. Les substances de remplacement, les HFC, ont connu une croissance et représentent 43 % de la réserve. Plus de la moitié se trouvent dans les systèmes de climatisation mobile. Finalement, l'ammoniac représente 6 % et il est majoritairement utilisé dans la réfrigération industrielle et les applications spécialisées telles que les patinoires. Les HCFC ainsi que les HFC qui représentent plus de 87 % de la réserve des halocarbures au Canada dans la réfrigération et la climatisation ne sont pas admissibles dans le *Protocole 3* du SPEDE.

Tableau 2.4 Quantité d'halocarbures en 2007 en réfrigération et en climatisation (compilation d'après : Cheminfo Services, 2009, p. 14)

Champ d'application possible	2007 (t)	CFC (t)	HCFC (t)	HFC (t)	Ammoniac (t)	Proportion (%)
Réfrigération résidentielle	3 784	934	0	2 850	0	7
Réfrigération commerciale	11 402 (9 926 sans les arénas)	0	6882	3457	1 063	20
Réfrigération industrielle	7 567	414	3 651	940	2 563	13
Réfrigération mobile	932	0	360	573	0	2
Climatisation résidentielle	14 700	0	12 255	2 445	0	26
Climatisation commerciale	4 915	1 151	2 278	1 485	0	9
Climatisation mobile	14 263	1 023	370	12 871	0	25
Total	57 564	3 522	25 797	24 620	3 626	100

Le tableau 2.5 présente aussi les valeurs estimées en 2009 selon les hypothèses posées lors de la recherche d'information dans les chapitres 2.1.1 à 2.1.3. Les valeurs estimées pour la réfrigération

résidentielles sont semblables à celles estimées de Cheminfo Services. Celles pour la climatisation et déshumidification résidentielle sont beaucoup plus élevées que celles pour les valeurs présentées par Cheminfo Services. Ceci est explicable par le fait que ces dernières données sont les données pour les ménages en 2007, et qu'en 2009, le nombre de ménages canadiens avait augmenté. Les valeurs de 2007 pour la climatisation mobile sont plus élevées, car plus complètes. Elles comprennent l'ensemble des véhicules au Canada, et non pas seulement ceux des ménages canadiens. Toutefois, les valeurs calculées à partir de différentes hypothèses pour 2009 sont du même ordre de grandeur que celles calculées pour Cheminfo Services, confirment ces dernières et aident à comprendre comment elles sont calculées.

Tableau 2.5 Quantité d'halocarbures estimée en 2009 en réserve selon certains types d'utilisation

Champ d'application possible pour les ménages canadiens	2009 (t)
Réfrigération résidentielle	2 888 à 4 814
Climatisation résidentielle	15 244 à 16 032
Déshumidification résidentielle	350 à 644
Climatisation mobile des véhicules de particuliers	8 124 à 9 900

Le tableau 2.6 résume les réserves ou les quantités d'halocarbures qui peuvent être envoyées à l'enfouissement parmi les mousses isolantes au Québec selon les hypothèses présentées. Comme il manquait d'information pour calculer les réserves provenant des débris de CRD envoyés à l'enfouissement, les valeurs de la Californie ont été utilisées afin de les transposer au Québec. Il ne faut pas oublier que la province et l'état comportent des différences en matière de climat. Le Québec nécessite normalement plus d'isolation que la Californie. Il est impossible de déterminer si les valeurs de mousses envoyées à l'enfouissement parmi les déchets de CRD sont comparables.

Tableau 2.6 Réserves d'halocarbures provenant des mousses envoyées à l'enfouissement

Réserves provenant des appareils électroménagers résidentiels en 2007	11 468 t
Réserves annuelles de déchets de CRD envoyés à l'enfouissement en 2013	260 t

2.2 Émission, vente et récupération d'halocarbures au Québec

Les quantités d'émissions de HFC inventoriées à partir de données cueillies auprès d'entreprises, d'institutions et de données statistiques en 2012 dans l'Inventaire québécois des émissions de GES représentent 2,1 % de l'ensemble des émissions de GES au Québec en 2012 (MDDELCC, 2015h). Seuls les grands émetteurs doivent déclarer leurs émissions, et par conséquent ces statistiques n'incluent pas les fuites des petits émetteurs. Les émissions totales étaient de 78,0 Mt de CO₂ équivalent. Les HFC arrivent

en 4^e position pour leur niveau d'émission au Québec avec 1 368 kilotonnes (kt) de CO₂ équivalent. Aucune autre valeur n'est disponible pour les CFC et les HCFC, puisqu'ils ne sont pas considérés dans le protocole de Kyoto. Le protocole de Kyoto est un accord international pour mettre en place des objectifs contraignants de réduction de GES dans les pays industrialisés (United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2014a). Par contre, il est possible de remarquer que les quantités émises déclarées de HFC sont de grande envergure au Québec et que des moyens incitatifs positifs, comme les crédits compensatoires, pourraient favoriser une diminution de ces émissions si ces émissions proviennent de grands émetteurs assujettis.

La figure 2.1 présente le bilan des ventes et des reprises d'halocarbures au Québec de 2003 à 2013. Les données sont présentées en annexe 3. Selon cette figure, il est possible d'y remarquer que les ventes diminuent avec les années. Pour chaque année, le volume de vente d'halocarbures est bien supérieur au volume des reprises. Par exemple, en 2013, il se serait vendu 1 290 t d'halocarbures, alors qu'il s'en serait repris seulement 90 t. Les 1 200 t de différence démontrent clairement que la gestion des halocarbures ne se fait pas selon la réglementation en vigueur et qu'il y a un manque de connaissance et de contrôle de la gestion de ces derniers. Certes, de nouveaux appareils à remplir peuvent avoir fait leur apparition, mais il semble incohérent qu'ils justifient la différence. Les chapitres précédents ont listé des taux de fuites élevées. Certains de ces appareils doivent être rechargés. Encore une fois, des moyens incitatifs positifs de gestion des halocarbures, comme les crédits compensatoires, pourraient favoriser la reprise de ces derniers.

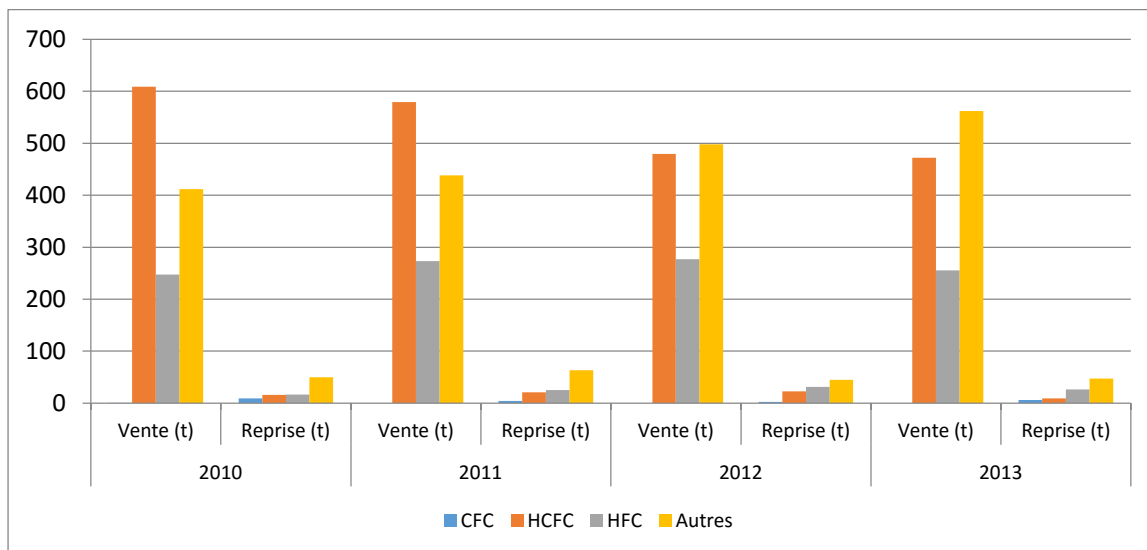


Figure 2.1 Bilan des ventes et des reprises des halocarbures au Québec

2.3 Réglementation applicable concernant les halocarbures et substances de remplacement

Les réglementations fédérales et provinciales, en plus du protocole de Montréal présenté au chapitre 1.1, peuvent aussi influencer la gestion des halocarbures et par conséquent les futures réserves et leur potentiel d'émission.

Au niveau fédéral, le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone (1998)*, qui découle du protocole de Montréal, contrôle l'exportation, l'importation, la fabrication, la vente ainsi que l'utilisation des SACO. Il a aussi prévu le bannissement graduel des CFC et prévoit le bannissement graduel des HCFC d'ici 2030. Par exemple, il est interdit d'utiliser, de fabriquer, de vendre ou d'importer des HCFC depuis le 1^{er} janvier 2015. Pour ceux utilisés en réfrigération, la date est reportée au 1^{er} janvier 2020 pour la fabrication et l'importation. Par conséquent, ils pourront continuer d'être utilisés dans les équipements qui en contiendront à ce moment. Un projet de règlement a été publié afin d'introduire les HFC dans le règlement et de renforcer les exigences au niveau des HCFC (Canada. Environnement Canada, 2015). Le *Règlement fédéral sur les halocarbures (2003)* vise à diminuer et à prévenir les émissions de SACO et de leurs substances de remplacement sur le territoire fédéral. Il interdit les rejets d'halocarbures dans l'environnement et en oblige la récupération. Les rejets à l'environnement doivent être déclarés à Environnement Canada.

Au niveau provincial, le *Règlement sur les halocarbures* est entré en vigueur en décembre 2004, pour remplacer le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone*. Ce règlement exige la récupération des halocarbures, lorsque des travaux sont effectués sur des appareils, des équipements ou des circuits de réfrigération ou de climatisation qui sont susceptibles d'émettre des halocarbures à l'atmosphère (Québec. MDDELCC, 2015i). Il oblige à communiquer avec le Ministère en cas de déversement ou d'émission de 25 kg ou plus d'halocarbures liquides ou gazeux. Le règlement impose le bannissement des CFC complet dès son entrée en vigueur et des HCFC d'ici 2020 pour la vente, la fabrication, la distribution ou l'installation d'équipement qui en contient (*Règlement sur les halocarbures*). Pour les mousses plastiques, elles sont bannies si elles contiennent des CFC ou des HCFC. Ceci implique que nul ne peut produire, vendre ou distribuer une mousse plastique ou un produit qui en contient (*ibid.*). Il n'y a pas d'obligation de récupérer les halocarbures provenant des mousses isolantes. Tous les halocarbures récupérés doivent être retournés chez le fournisseur à l'intérieur de 45 jours. Celui qui est le plus en amont de la chaîne de distribution doit alors le faire valoriser ou le faire éliminer à

l'intérieur de 12 mois suivant leur réception. Finalement, il est intéressant de noter que la plupart des articles du *Règlement sur les halocarbures* ne s'appliquent pas aux appareils résidentiels. Les halocarbures d'origine commerciale ou industrielle doivent être récupérés selon ce règlement. Le MDDELCC admet même qu'il est alors inéquitable et incohérent que ce secteur ne soit pas couvert (Québec. MDDELCC, 2015d). En effet, ne pas les mettre à contribution nuit à l'effort commun en termes de protection de la couche d'ozone, mais aussi de la lutte contre les changements climatiques. Bien que ces halocarbures d'origine résidentielle et que les halocarbures contenus dans des appareils de climatisation d'automobile doivent être récupérés, il n'existe aucune infrastructure au Québec pour les gérer adéquatement (Recyclage ÉcoSolutions, 2014). Le seul programme existant est le Programme canadien de gestion des réfrigérants (PCGR). Il est un programme environnemental mis en place par l'Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération (PCGR, 2015) et parrainé par des dirigeants de l'industrie de la réfrigération et de la climatisation afin d'éliminer de façon écologique les surplus de ces industries. Le PCGR accepte seulement les SACO provenant de sources industrielles et commerciales, donc aucun HFC. Il gère ainsi les quantités d'halocarbures récupérées, mais ne possède pas d'équipement ou d'infrastructure pour les traiter lui-même.

Les CFC, bien qu'ils ne puissent plus être utilisés dans les nouveaux équipements ou les recharges, sont donc encore présents dans plusieurs équipements. Les équipements plus récents contiennent principalement des HCFC ou des HFC. Les équipements contenant du HCFC continueront de fonctionner après 2020, et il deviendra important de trouver un moyen de gestion approprié pour les récupérer à la fin de leur durée de vie utile. Avec le bannissement des CFC et l'arrêt de production des HCFC, ainsi que leur bannissement éventuel, les substances de remplacement comme le HFC seront en augmentation et il deviendra urgent de les gérer adéquatement. Les pays développés signataires du protocole de Montréal ont accepté de diminuer jusqu'à 90 % en 2015 l'utilisation des HCFC et d'arrêter complètement de les fabriquer et importer d'ici 2030. Pour remplacer ces substances, les pays se tournent vers les HFC. Par exemple, les demandes en HFC en Europe, au Japon et aux États-Unis ont augmenté respectivement de 2 %, 2,7 % et 7,4 % par année (Velders et autres, 2009). Par conséquent, puisque la proportion de SACO couverte dans le *Protocole 3* diminuera, soit les CFC et une portion de HCFC en tant qu'agents de gonflement, la quantité de crédits compensatoires potentielle pour ce protocole sera aussi en régression.

Dans le futur, selon un rapport du PNUE (2015), les réfrigérants utilisés dans la réfrigération résidentielle, à partir de 2020 devrait être de 75 % le HC-600a. L'utilisation de réfrigérants à base de HC n'a pas encore

été autorisée pour les appareils résidentiels au Canada. Des études ont été effectuées afin de déterminer le potentiel de remplacement du HFC-134a dans des appareils de réfrigération résidentielle. Ceux-ci peuvent être des composés purs ou des mélanges de propane, butane, isobutane et HFC-134a. Le propane, le butane et l'isobutane ont tous un PAO de zéro et un PRP de 20 (Wongwise et Chimres, 2005). Pour la réfrigération commerciale, il y aura éventuellement une croissance de l'utilisation du CO₂, puisque les systèmes au CO₂ voient actuellement leur coût décroître. Pour la réfrigération mobile, il semble que les mélanges non saturés de HFC seront utilisés. Ensuite, pour les climatiseurs, le HFC-32 et les mélanges de HFC non saturés seront utilisés. Le HC-290 et le HFC-161 sont disponibles dans certains pays en Europe, en Australie et est en production en Inde. Concernant les climatiseurs mobiles, le mélange R-445a est de plus en plus testé. Deux populaires hydrofluorooléfines (HFO), ou le HFC non saturé, sont les HFO-1234yf et le HFO-1234ze (PNUE, 2015.).

Le PNUE (2015) suggère que les substances de remplacement d'avenir soient le HC-290 et les HFO pour la climatisation résidentielle, commerciale et institutionnelle. En effet, les HC ainsi que les HFO sont les réfrigérants de quatrième génération après les CFC, HCFC et HFC (Tomczyk, 2014). Les HFC non saturés se distinguent des HFC par leur structure chimique, qui fait qu'ils ont une durée de vie plus courte dans l'atmosphère et sont moins dommageables. Pour la climatisation mobile, le PNUE (2015) suggère alors que la substance de remplacement identifiée est le R-445a. Le tableau 2.7 présente les PRP de ces substances de remplacement.

Tableau 2.7 PRP des substances de remplacement identifiées (compilation d'après : PNUE, 2015, p. 17; Wongwise et Chimres, 2005, p. 86 et Devotta, 2001, p. 706)

Nom	Nom chimique	PRP 100 ans
HC-600a	2-méthyle-propane (isobutane)	20
HFC-32	Difluorométhane (fluorure de méthylène)	677
HC-290	Propane	11
R-744	CO ₂	1
R-445a	R-744/134a/1234ze (6/9/85)	110
HFO-1234yf	tétrafluoro-1- propène	< 1
HFO-1234ze	trans-1,3,3,3- tétrafluoro-1- propène	< 1

Pour les agents de gonflements, le PNUE (2014) prévoit que les HC joueront un rôle important comme substance de remplacement jusqu'en 2020. Le CO₂ n'a pas réussi à ce jour à bien remplacer les CFC dans les mousses au détriment des HCFC et HFC puisqu'il confère une plus faible isolation à la mousse. En

pratique et pour des raisons de coûts, les mélanges de HFO (les HCFC et HFC non saturés) présentent une bonne alternative comme agent de remplacement dans le futur. Les HC oxygénés deviendront de plus en plus populaires comme substance de remplacement, puisqu'ils sont peu inflammables. Ceci inclut le formate de méthyle et le méthylal. Ils ont tous deux un PRP plus faible que 25 (États-Unis. US EPA, 2015).

Ces substances de remplacement, puisque la réglementation mise en vigueur interdit ou contrôle l'utilisation des CFC, des HCFC et des HFC, influenceront les réserves futures. Ces dernières seront de plus en plus constituées de HCFC et de HFC au fur et à mesure que les substances de remplacement seront utilisées par obligation réglementaire.

3 PROTOCOLES OU MÉTHODOLOGIES EXISTANTS

Différents protocoles ou méthodologies visant les halocarbures existent sur le marché volontaire ou réglementé. Les mécanismes applicables pour la reconnaissance des réductions d'émissions de GES du *Protocole 3* du SPEDE visant les SACO sont exposés. Des protocoles ou méthodologies couvrant de nouvelles activités sont présentés. Ces nouvelles activités sont décrites en fonction du scénario de référence et du scénario de projet. Les différences identifiées concernant les mécanismes d'autres méthodologies ou protocoles visant la même activité que le *Protocole 3* du SPEDE, soit la récupération et la destruction des SACO, sont constatées.

Un scénario de référence représente le cas qui se produit en l'absence du projet (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie, 2013). Par opposition, le scénario de projet représente donc le cas de figure lorsque le projet de réduction d'émissions de GES est réalisé. Le projet, qui est réalisé par le promoteur de projet, génère donc des réductions d'émissions de GES. Ces dernières sont calculées en fonction d'un protocole ou d'une méthodologie qui se convertissent en crédits compensatoires. Les réductions d'émissions admissibles représentent la différence entre les émissions de scénario de référence et du scénario de projet. Dans chacun des scénarios, les émissions considèrent les sources, puits et réservoirs (SPR) de GES. Une source de GES représente un processus rejetant des GES à l'atmosphère (Québec. Ministère des Finances et de l'Économie 2013). Un puits de GES est un processus, une activité ou un mécanisme, qui peuvent être naturels ou artificiels, qui élimine de l'atmosphère un GES ou un précurseur de GES (*ibid.*). Un exemple de puits est le processus de capture de CO₂ par les arbres dans le phénomène de la photosynthèse. Finalement, un réservoir de GES est une unité physique capable d'emmagasiner ou d'accumuler un GES retiré de l'atmosphère par un puits de GES ou des GES capturés à sa source (*ibid.*).

3.1 SPEDE

Le *Protocole 3* du SPEDE permet de réclamer des réductions d'émissions de GES pour la destruction de SACO contenues dans des mousses ou utilisées en tant que réfrigérant provenant d'appareils de réfrigération, de congélation ou de climatisation récupérés au Canada (SPEDE). Plus précisément, les SACO admissibles peuvent provenir de trois principales activités. La première activité correspond aux agents de gonflement récupérés qui étaient contenus dans les mousses d'appareils de réfrigération ou de congélation. La deuxième activité provient de la récupération des réfrigérants provenant d'équipements, de systèmes ou d'appareils de source industrielle, commerciale, institutionnelle ou

résidentielle. Finalement, la troisième activité vise l'entreposage de réfrigérants provenant de ces mêmes sources en vue de leur utilisation future ou de leur élimination. Dans tous les cas, les mousses, les SACO et les appareils doivent avoir été récupérés au Canada. La destruction de SACO doit se faire soit dans une installation située au Canada ou aux États-Unis. À partir du 22 octobre 2016, pour tous les réfrigérants récupérés d'appareils contenant de la mousse et envoyés pour destruction, le projet doit aussi prévoir la récupération et la destruction des agents de gonflement contenus dans les mousses. Le tableau 3.1 présente les SACO admissibles en tant qu'agent de gonflement contenu dans les mousses et en tant que réfrigérant, ainsi que les valeurs respectives de PRP.

Tableau 3.1 SACO admissibles et leur PRP en tant qu'agent de gonflement contenu dans les mousses et en tant que réfrigérant (tiré de : SPEDE)

Agent de gonflement	PRP	Réfrigérant	PRP
CFC-11	4 750	CFC-11	4 750
CFC-12	10 900	CFC-12	10 900
HCFC-22	1 810	CFC-13	14 400
HCFC-141b	725	CFC-113	6 130
		CFC-114	10 000
		CFC-115	7 370

Les réductions d'émissions du projet doivent répondre à quatre critères pour être reconnues : additionnelles, permanentes, vérifiables et réelles (Québec. MDDELCC, 2015j). Pour être additionnelles, elles doivent aller au-delà du cours normal des affaires et elles dépassent la réglementation en vigueur ainsi que les pratiques courantes. Les réductions d'émissions ne doivent pas bénéficier de mesures incitatives supplémentaires. Pour qu'elles soient considérées comme permanentes, elles doivent être non réversibles. Pour être vérifiables, elles doivent être réalisées et documentées de façon complète et suffisante. Une tierce partie est impliquée, soit le vérificateur, afin de s'assurer de la conformité et du respect du protocole pour calculer les réductions d'émissions de GES. Finalement, pour que les réductions soient réelles, en plus d'être une action volontaire du promoteur, elles doivent être quantifiées de façon conservatrice à partir de méthodes fiables et reproductibles, afin d'éviter de surestimer les réductions d'émissions. Elles ne doivent pas favoriser de fuites, c'est-à-dire d'augmenter les émissions de GES ailleurs qui auraient pour conséquence d'annuler en partie ou complètement les réductions du projet.

Pour les agents de gonflement, les SACO doivent être extraites des mousses sous forme concentrée selon un procédé de pression négative (SPEDE). Dans tous les cas, les SACO doivent être recueillies,

entreposées et transportées dans des contenants scellés hermétiquement. Elles doivent être détruites sous forme concentrée dans une installation de destruction autorisée qui répond aux exigences du protocole. Si la destruction a lieu aux États-Unis, elle doit alors être conforme aux exigences prévues dans le protocole du California Environmental Protection Agency – Air Resources Board (ARB) présenté au chapitre 3.5. Pour toutes les installations de destruction, les paramètres d'exploitation de l'installation de destruction doivent être enregistrés et surveillés comme le requiert le protocole de Montréal.

Le scénario de référence pour les agents de gonflement considère que dans la pratique courante les appareils sont broyés pour en récupérer les matériaux de valeur et les matériaux non récupérés sont envoyés aux sites d'enfouissement (*ibid.*). Par conséquent, les émissions de SACO lors du broyage des appareils en vue de récupérer les matériaux et de leur élimination sont tenues en compte. Pour le scénario de projet, qui consiste à récupérer et à détruire les agents de gonflement dans les mousses, les émissions attribuables au retrait des mousses des appareils sont considérées. Les émissions lors du transport des agents de gonflement au site de destruction, les émissions des combustibles fossiles utilisés à l'installation de destruction ainsi que les émissions indirectes attribuables à l'installation de destruction sont également incluses. Les réductions d'émissions représentent donc la différence entre les émissions du scénario de référence et les émissions du scénario de projet. Les réductions d'émissions provenant de la récupération et de la destruction des agents de gonflement doivent être effectuées en considérant l'efficacité d'extraction. Celle-ci est déterminée par la différence entre la quantité d'agents de gonflement récupérée et la quantité d'agents de gonflement contenue initialement dans les appareils. Cette dernière est soit calculée à partir de constantes en fonction des dimensions et du nombre d'appareils récupérés ou en effectuant une analyse en laboratoire d'échantillons de la mousse prélevée sur des appareils. La figure 3.1 illustre les limites des SPR pour les scénarios de référence et de projet pour les agents de gonflement à tenir compte pour les méthodes de calculs. Pour ces dernières, il est spécifiquement demandé de calculer séparément les réductions des émissions de GES provenant de la destruction des agents de gonflement de celles des réfrigérants. La méthodologie de calculs des réductions d'émissions provenant des agents de gonflement est présentée en annexe 4. Elle présente la particularité par rapport au réfrigérant, qu'elle doit prévoir le calcul d'une efficacité d'extraction. Celle-ci se fait sur tous les appareils récupérés. Le protocole exige qu'une série d'information sur les appareils récupérés soit recueillie, dont leur dimension, leur modèle et leur numéro de série.

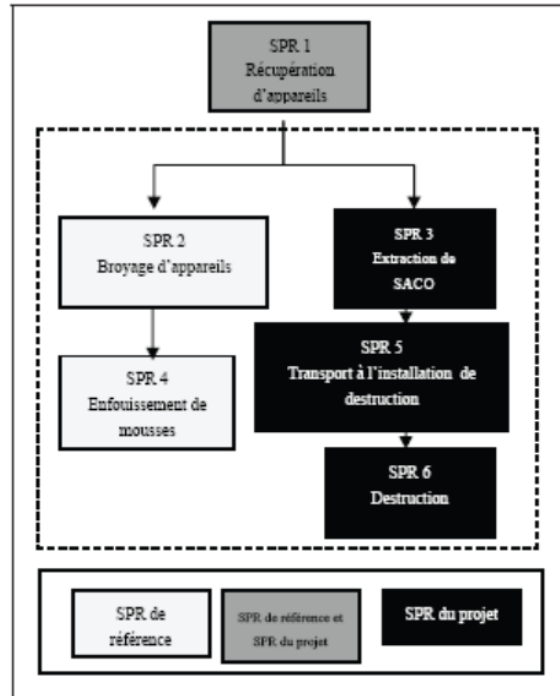


Figure 3.1 Limites des SPR pour les scénarios de référence et de projet pour les agents de gonflement du SPEDE (tiré de : SPEDE)

Le scénario de référence pour les réfrigérants, qui est la non-récupération de ces derniers, considère les émissions des SACO attribuables aux fuites et à l'entretien pendant le fonctionnement continu des équipements (*ibid.*). Pour le scénario de projet, les SACO sont récupérées et détruites. Les émissions des substituts afin de remplacer les équipements dont le réfrigérant a été récupéré sont considérées lors des fuites et de l'entretien pendant le fonctionnement continu des équipements. Les émissions de SACO attribuables à une destruction incomplète à l'installation de destruction ainsi que les émissions attribuables à l'oxydation du carbone que contiennent les SACO détruites sont incluses. Le scénario de projet tient compte des émissions de combustibles fossiles attribuables à la destruction des SACO à l'installation de destruction ainsi que les émissions indirectes attribuables à l'utilisation d'électricité. Les réductions d'émissions représentent donc la différence entre les émissions du scénario de référence et les émissions du scénario de projet. Les méthodes de calculs sont présentées à l'annexe 4. La figure 3.2 illustre les limites des scénarios de référence et de projet à considérer pour les calculs.

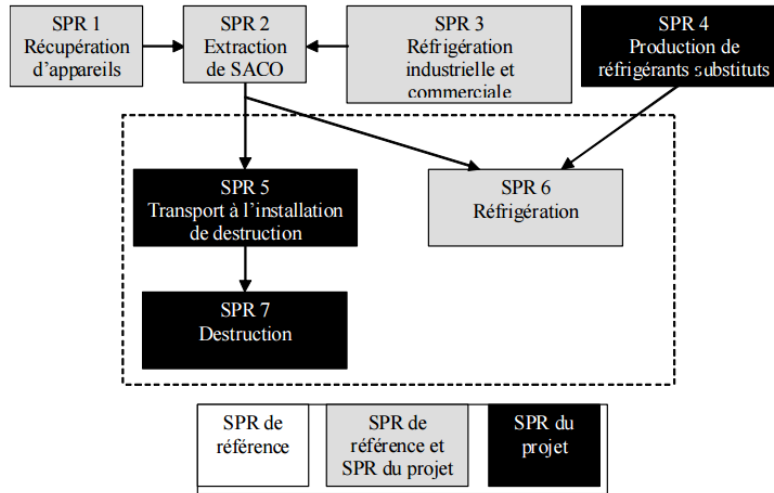


Figure 3.2 Limites des SPR pour les scénarios de référence et de projet pour les réfrigérants du SPEDE (tiré de : SPEDE)

Le tableau 3.2 présente les facteurs d'émission de chaque SACO contenue dans la mousse provenant des appareils ainsi que des SACO utilisées en tant que réfrigérant. Ces facteurs d'émission sont utilisés dans les calculs respectifs des scénarios de projet. Les facteurs d'émission sont les mêmes que ceux présentés dans le protocole de l'ARB, et qui sont par conséquent remis en question par EOS Climate (2014) comme discuté au chapitre 2.1.9. Les facteurs d'émission des réfrigérants sont basés sur les statistiques connues du US EPA concernant les taux d'émissions annuelles ainsi que les parts de marché de ces réfrigérants (Climate Action Reserve (CAR), 2012).

Tableau 3.2 Facteurs d'émission des SACO contenues dans les mousses provenant d'appareils (tiré de : SPEDE)

Type de SACO	Fonction	Facteur d'émission des SACO selon leur fonction
CFC-11	Agent de gonflement	0,44
CFC-12	Agent de gonflement	0,55
HCFC-22	Agent de gonflement	0,75
HCFC-141b	Agent de gonflement	0,50
CFC-11	Réfrigérant	0,89
CFC-12	Réfrigérant	0,95
CFC-13	Réfrigérant	0,61
CFC-113	Réfrigérant	0,89
CFC-114	Réfrigérant	0,78
CFC-115	Réfrigérant	0,61

Les facteurs d'émission des réfrigérants substitués ont été attribués en fonction de la SACO utilisée en tant que réfrigérant. Ces facteurs d'émission sont utilisés dans le calcul des émissions du scénario de projet. Le tableau 3.3 présente ces derniers.

Tableau 3.3 Facteurs d'émission des réfrigérants substitués (tiré de : SPEDE)

SACO utilisée en tant que réfrigérant	Facteur d'émission des réfrigérants substitués
CFC-11	223
CFC-12	686
CFC-13	7 144
CFC-113	220
CFC-114	659
CFC-115	1 139

Le protocole suggère un mécanisme bien précis afin de pouvoir calculer les quantités de SACO détruites et leur composition. Pour déterminer la quantité de SACO détruites, il suffit de peser chaque contenant plein deux jours avant destruction et vide deux jours après destruction à l'installation de destruction sur la même balance. La balance utilisée doit être calibrée tous les trois mois.

Les mélanges de SACO, soit les SACO qui ne contiennent pas plus de 90 % d'un même type de SACO, doivent faire l'objet d'une circulation à l'installation de destruction ou avant la livraison à cette installation (*ibid.*). Par opposition, une SACO pure est une SACO contenant plus de 90 % de la même SACO. La circulation doit satisfaire des critères précis afin d'être admissible. Elle doit être faite par une personne indépendante du promoteur et de l'installation de destruction et cette personne doit détenir une formation nécessaire pour effectuer cette tâche. Le contenant utilisé pour faire le mélange doit être conforme à des exigences précises quant à la disposition des orifices ainsi que la conception intérieure. Le volume du mélange circulé doit être équivalent à deux fois le volume du contenant, et ce peu importe la quantité de SACO entreposées dans le contenant. Le débit de circulation doit permettre un débit de 114 litres par minute, à moins que la circulation se produise pendant au moins huit heures. Les heures du début et de la fin de la circulation doivent être notées, et les deux échantillons doivent se prendre durant les 30 dernières minutes de la circulation. Dans le cas d'une SACO pure, un échantillon doit être pris à l'installation de destruction. Tous les échantillonnages doivent être effectués par des personnes indépendantes du promoteur et de l'installation de destruction.

Les analyses doivent être effectuées par des laboratoires qui satisfont les exigences du protocole, c'est-à-dire être :

- Le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec du MDDELCC;
- Un laboratoire indépendant du promoteur et de l'usine de destruction et accrédité par le Air-Conditioning Heating and Refrigeration Institute, conformément à la plus récente version de la norme AHRI 700 de cet organisme.

Tous les échantillons doivent être analysés pour obtenir la composition massique de chaque type de SACO. La teneur en humidité ainsi que les résidus d'ébullition doivent être analysés. La teneur en humidité doit être inférieure à 75 % de la saturation de la SACO, sinon, la SACO doit être asséchée avant destruction (*ibid.*). Il est aussi possible de déduire la quantité d'eau en considérant la couche d'eau mesurée flottant sur la SACO ou par toutes autres méthodes équivalentes. Les résidus d'ébullition doivent être déduits de la masse détruite.

Le *Protocole 3* présente plusieurs informations à consigner, dont l'information sur le point d'origine, afin de pouvoir gérer les données des appareils et des SACO récupérées. Le point d'origine pour les agents de gonflement et les réfrigérants est le premier lieu d'entreposage des appareils récupérés qui les contiennent. Par contre, l'information concernant le point d'origine des réfrigérants entreposés pour une utilisation future ou pour élimination n'est pas précisée.

Pour terminer, un organisme indépendant doit effectuer une vérification conformément à la norme ISO14064-3 des réductions des émissions de GES. Cette norme présente les spécifications et les lignes directrices pour la vérification des déclarations des GES.

3.2 Mécanisme de Développement Propre

Le Mécanisme de Développement Propre (MDP) est un mécanisme découlant du protocole de Kyoto. Par le MDP, les pays industrialisés peuvent acquérir et payer pour des réductions ou des évitements d'émission de GES réalisés dans des nations moins riches. Les pays industrialisés peuvent alors atteindre leurs propres objectifs d'émission de GES en vertu du protocole de Kyoto (UNFCCC, 2014). Le MDP est supervisé par un conseil exécutif qui approuve les méthodologies à mettre en place afin de pouvoir reconnaître des réductions d'émissions de GES. Trois méthodologies concernant les halocarbures sont présentées.

La première méthodologie *Avoidance of HFC emissions in rigid Poly Urethane Foam (PUF) manufacturing - Version 3.0* vise la réduction des émissions de HFC utilisé lors de la fabrication de mousse de polyuréthane. Les limites du projet sont présentées à la figure 3.3.

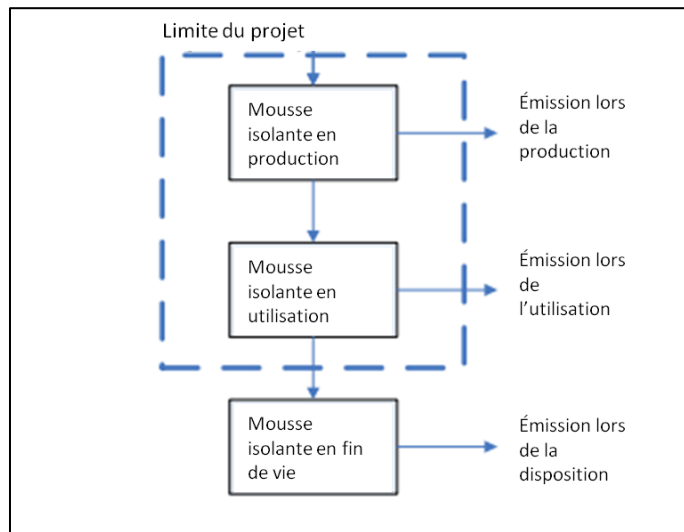


Figure 3.3 Limite du projet pour l'émission des HFC lors de la production de mousse isolante (traduction libre : de UNFCCC, 2009a, p. 2)

Pour réclamer des réductions d'émissions, les installations doivent remplacer l'utilisation des HFC, tels que le HFC-134a, le HFC-152a, les HFC-365mfc et le HFC-245a, par des substances qui ne sont pas des GES. La méthodologie suggère l'utilisation de pentane comme substance de remplacement au HFC. La méthodologie prend en compte les émissions de l'agent de gonflement lors de leur utilisation. Le scénario de référence vise donc les fuites de HFC lors de la fabrication et l'utilisation des mousses. Le scénario de projet vise quant à lui les pertes des substances de remplacement pour les mêmes étapes, mais en utilisant une substance qui n'est pas un GES. La méthodologie répertorie les taux d'émission des agents de gonflements des principaux HFC utilisés dans la fabrication de la mousse. Ces derniers sont présentés en annexe 5. (UNFCCC, 2009a)

La deuxième méthodologie *Energy Efficiency and HFC-134a Recovery in Residential Refrigerators - Version 2.0* concerne le remplacement de réfrigérateurs résidentiels fonctionnels contenant du HFC-134a par des appareils plus efficaces utilisant des réfrigérants et des agents de gonflement sans PAO et à faible PRP. Cette méthodologie vise aussi l'efficacité énergétique. Toutefois, seulement les étapes visant les halocarbures sont présentées. Le scénario de référence consiste alors à continuer d'utiliser les

réfrigérateurs contenant du HFC-134a, sans faire de récupération du réfrigérant ni des agents de gonflement contenus dans la mousse. Si un appareil cesse de fonctionner, le scénario de référence prévoit qu'il est soit réparé ou remplacé par un appareil équivalent. Le scénario de projet, lors du remplacement des appareils, doit alors inclure le recyclage du matériel contenu dans ces appareils ainsi que la récupération du HFC-134a et des agents de gonflement. Les nouveaux appareils doivent alors contenir comme réfrigérant une substance non halogénée et une mousse isolante contenant un agent de gonflement qui ne sont pas des PAO et qui ont un PRP plus petit que 15. Par exemple, l'isobutane serait un réfrigérant admissible. En outre, une fois les halocarbures contenant du fluor récupérés, ils doivent être recyclés par distillation afin d'obtenir un halocarbure conforme aux standards de l'industrie pour être réutilisés ou doivent être tout simplement détruits. (UNFCCC, 2010)

La troisième méthodologie *Avoidance of HFC emissions in Standalone Commercial Refrigeration Cabinets* cible les réductions d'émissions lorsque les fuites de HFC sont évitées lors de la fabrication, du fonctionnement, de l'entretien et de la disposition d'appareils de réfrigération commerciale. Le scénario de référence vise les émissions durant tout le cycle de vie de l'appareil. Elles sont calculées comme étant les émissions lors du chargement au site de fabrication, les émissions fugitives durant l'utilisation et la maintenance de l'appareil ainsi que les émissions lors de la disposition finale de l'appareil en fin de vie. Pour le scénario de projet, les mêmes émissions sont considérées, mais par le remplacement de l'appareil de réfrigération commerciale par un autre appareil utilisant des réfrigérants et des agents de gonflement ayant des PAO de zéro et ayant de faible PRP. (UNFCCC, 2009b)

3.3 American Carbon Registry

L'American Carbon Registry (ACR) est un organisme à but non lucratif fondé en 1996 et fut le premier registre volontaire de GES au monde (ACR, s.d.). Il vise un large éventail de projets de compensation : la reforestation, la gestion des fertilisants, la production des rizières, la destruction des SACO et les émissions de méthane. Deux méthodologies sont donc étudiées, soit celles visant le remplacement des HFC dans les systèmes de réfrigération et celle ciblant la production et l'utilisation de mousse à faible PRP.

Dans la première méthodologie *Emission Reduction Measurement and Monitoring Methodology for Use of Reclaimed HFC Refrigerants and Advanced Refrigeration Systems*, les systèmes de réfrigération des supermarchés comprennent des compresseurs centralisés qui réfrigèrent tout le bâtiment à l'aide d'un réseau complexe de distribution. Les réfrigérants de ces derniers, principalement des HCFC-22 et des

HFC, vont fuir entre 15 et 35 % par année (ACR, 2015a). Les entretiens et les systèmes détections de fuite couramment utilisés n'évitent pas ces fuites dans le cours normal des affaires. Par conséquent, des recharges fréquentes sont alors nécessaires. La figure 3.4 présente les limites du projet.

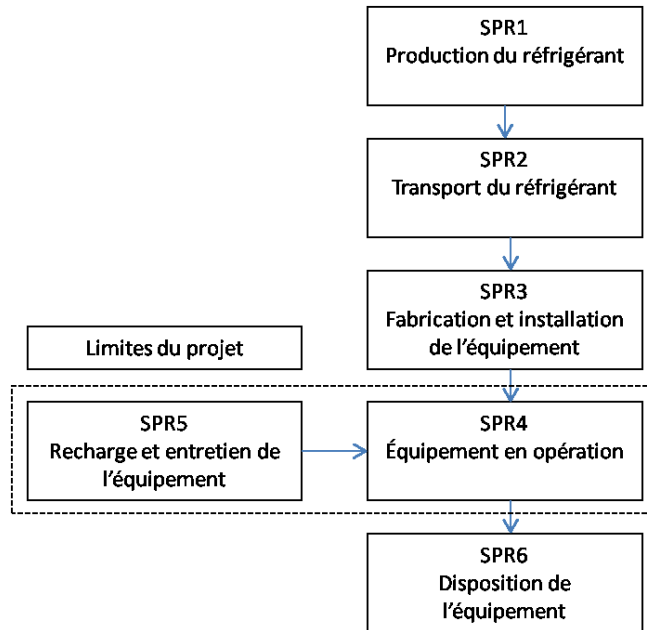


Figure 3.4 Limite du projet pour le remplacement de HFC dans les appareils de réfrigération commerciaux (traduction libre de : l'ACR, 2015a, p. 9)

Le scénario de référence considère que des halocarbures vierges sont utilisés pour remplir les équipements neufs ou en service. Le scénario de projet favorise l'utilisation d'halocarbures récupérés ou de substances alternatives à faible PRP, traités pour enlever les impuretés et purifiés aux standards de l'industrie. Ceci empêche la production de nouveaux HFC et des fuites potentielles d'halocarbures vierges lors de cette production et lors de leur utilisation. Le scénario de projet inclut la modification des systèmes de réfrigération commerciale pour l'utilisation de substance à faible ou zéro PRP, puisqu'ils devront être adaptés techniquement pour accueillir de nouveaux réfrigérants. Le tableau 3.4 expose les HFC admissibles dans le scénario de projet et les substances à bas PRP admissibles dans le scénario de projet. De plus, d'autres substances peuvent s'ajouter au fur et à mesure que le marché change ou que la technologie et la science évoluent.

Tableau 3.4 Les HFC admissibles pour le scénario de référence et les substances alternatives à faible PRP (tiré de : l'ACR, 2015a, p. 12)

	Substances	PRP
HFC admissibles pour le scénario de référence	R-502	4 657
	R-404a	3 922
	R-407a	2 107
	R-407c	1 774
	HFC-134a	1 430
	R-32	675
	HFC-23	14 800
	R-401a	970
	R-410a	2 088
	R-417c	1 820
	R-422b	2 525
	R-422c	3 085
	R-422d	2 730
	R-500	8 100
	R-507a	3 985
	R-508b	13 400
Substances alternatives à faible PRP	R-290 (propane)	3,3
	R-600a (isobutane)	3
	R-1270 (propylène)	1,8
	R-744 (CO ₂)	1
	R-717 (ammoniac)	0

La deuxième méthodologie, *Conversion of Foam Blowing Agents from High-GWP to Low-GWP Materials*, concerne quant à elle la production de la mousse isolante à partir d'agents de gonflement. Les agents de gonflement utilisés peuvent être des GES, comme présentés au chapitre 2.1. Toutefois, il existe des substances alternatives pouvant être utilisées qui ont de faible PRP. Cette méthodologie est basée sur celle du MDP. La figure 3.5 présente les limites du projet.

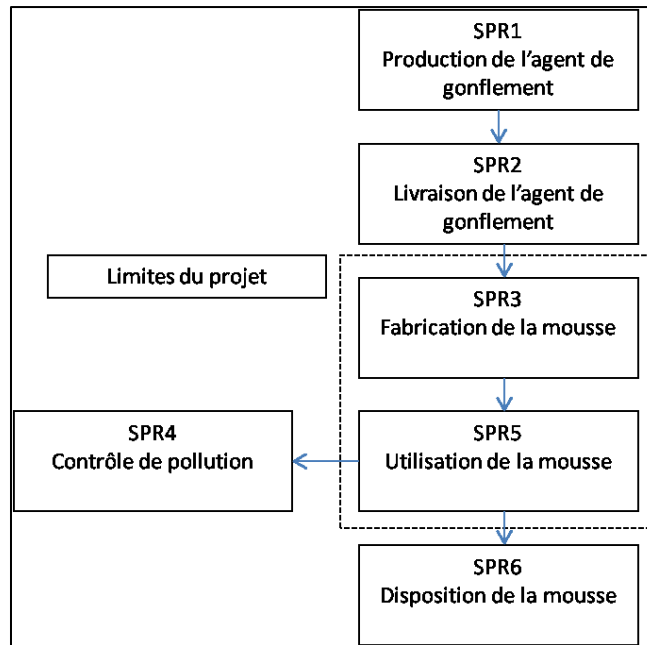


Figure 3.5 Limite du projet pour les émissions lors de la fabrication et l'utilisation de la mousse isolante (traduction libre de : l'ACR, 2015b, p. 7)

Bien qu'il soit reconnu que les émissions des agents de gonflement peuvent survenir lors de la fabrication, de l'utilisation et de la disposition en fin de vie, la méthodologie tient en compte des émissions de HFC seulement lors de la fabrication et de l'utilisation. Le scénario de référence considère que les émissions des agents de gonflement à haut PRP lors de la fabrication et lors de son utilisation, pour toute la durée de vie du matériel. Le scénario de projet se concentre sur les calculs des mêmes émissions, mais en utilisant un agent de gonflement à faible PRP. Dans cette méthodologie, les substances ayant un faible PRP doivent avoir un PRP de moins de cinq. L'annexe 6 présente les différents types de mousse ainsi que les agents de gonflement utilisés dans le scénario de référence ou le scénario de projet. (ACR, 2015b)

3.4 Verified Carbon Standard

Le Verified Carbon Standard (VCS), qui a vu le jour en 2005, est reconnu comme étant le programme volontaire de réductions d'émissions de GES le plus important au monde (VCS, 2015). Plusieurs méthodologies y sont disponibles, entre autres dans le domaine de l'énergie, de la construction, des mines, du transport et des procédés industriels. Deux méthodologies visant les halocarbures sont décrites, dont une similaire à celle du SPEDE.

La première méthodologie, *Infrared Automatic Refrigerant Leak Detection Efficiency Project Methodology, v1.0* vise à réduire les émissions des réfrigérants en utilisant la détection de fuites. Le scénario de référence comprend les émissions de HFC dues aux fuites des équipements de réfrigération de détaillants (supermarchés) ainsi qu'à leur système de climatisation lors des opérations, de la maintenance et des réparations. La moyenne de détection de fuite annuelle est calculée selon les fuites des trois années avant la mise en service du système de détection de fuite. Le scénario de projet consiste à détecter les émissions de HFC afin d'éviter qu'ils ne fuient à l'atmosphère. La détection doit se faire à l'aide d'un équipement de détection de fuite de réfrigérant infra rouge, en utilisant la moyenne mesurée par l'appareil de détection de fuites par année durant les opérations, les réparations et les maintenances. La détection doit se faire automatiquement par intervalle régulier dans une journée et doit communiquer l'information en temps réel. Pour le moment, les calculs sont seulement applicables aux HFC, et l'ajout des HCFC est actuellement en révision. Les réductions d'émissions sont donc calculées en comparant le scénario de projet et le scénario de référence. (VCS, 2010a)

La deuxième méthodologie, *Recovery and Destruction of Ozone-Depleting Substances (ODS) from Products, v1.0*, couvre les mêmes activités que le SPEDE. La méthodologie est applicable pour la récupération et la destruction de SACO provenant d'appareils de réfrigération ou de climatisation comme le SPEDE. Par contre, la méthodologie exclut la destruction de réserves entreposées de SACO (VCS, 2010b). Les SACO doivent être utilisées comme réfrigérants ou comme agents de gonflement. Pour les agents de gonflement, ils doivent provenir de la mousse isolante de réfrigérateurs en fin de vie. Les SPR du scénario de projet et du scénario de référence des agents de gonflement et des réfrigérants sont les mêmes que le SPEDE.

Cette méthodologie demande les mêmes exigences que le SPEDE au niveau de la pesée et de l'échantillonnage. Toutefois, l'échantillonnage doit absolument être effectué au site de destruction par un technicien indépendant du promoteur. Les analyses doivent démontrer une teneur en humidité de moins de 75 % de la saturation de la SACO et la teneur en résidus d'ébullition doit être de moins de 10 %. Si une de ces exigences n'est pas rencontrée, les réductions de GES ne peuvent pas être reconnues. Si le contenu à détruire est composé de moins de 90 % de la même SACO, une circulation doit être effectuée selon les mêmes conditions que le SPEDE (*ibid.*).

Afin de s'assurer de l'efficacité de récupération des agents de gonflement, un test annuel doit être effectué sur 1 000 appareils contenant des agents de gonflement. Un bilan de masse doit être effectué

sur chacune des matières contenues dans les appareils : le polyuréthane, les métaux ferreux, les métaux non ferreux, les plastiques, l'eau de procédé, les SACO et les autres composés. L'efficacité de récupération des agents de gonflement intervient dans la méthodologie de calcul, comme dans le SPEDE. Un minimum de d'efficacité de 85 % doit être calculé pour l'installation de récupération afin de générer des crédits compensatoires (*ibid.*).

3.5 California Environmental Protection Agency - Air Resources Board

L'organisme ARB, qui est partenaire de la WCI avec le Québec, est responsable sous l'égide du gouvernement californien de la protection de l'air. Il travaille à la réduction de la pollution de l'air et la qualité de l'air, afin de fournir un air propre aux Californiens, à protéger le public des contaminants toxiques, à réduire les émissions de GES et à renforcer le contrôle de la pollution (Californie. ARB, 2012).

L'ARB a élaboré plusieurs protocoles, dont le *Compliance Offset Protocol Ozone Depleting Substances Projects* qui vise (Californie. ARB, 2014) :

- Les réfrigérants d'origine industrielle, commerciale et résidentielle contenus dans des équipements, systèmes ou appareils américains non gouvernementaux;
- Les agents de gonflement contenus dans les mousses isolantes des appareils ou dans la mousse isolante des bâtiments provenant des États-Unis sauf du gouvernement;
- Les réserves de réfrigérants entreposées de source industrielle, commerciale ou résidentielle, sauf celles provenant des installations gouvernementales fédérales.

Les réfrigérants et les agents de gonflement récupérés ne doivent pas être entreposés dans un même contenant. Les SPR sont les mêmes que le SPEDE pour les agents de gonflements et les réfrigérants provenant des appareils et des équipements. Les agents de gonflement de la mousse provenant des isolants des appareils doivent être extraits et détruits comme dans le SPEDE.

La mousse retirée des bâtiments agissant comme isolant doit être séparée des panneaux de construction pour être entreposée et transportée dans des conteneurs scellés pour la destruction. Les agents de gonflement n'ont donc pas besoin d'être extraits de la mousse. Pour les mousses provenant de bâtiment, le scénario de référence consiste à éliminer la mousse immédiatement après la déconstruction dans un lieu d'enfouissement. Le scénario de projet implique plutôt le transport de la mousse et leur destruction à l'installation de destruction. Les limites de ce projet sont présentées à la figure 3.6. Les

réductions d'émissions de GES sont pour chacune des activités la différence entre les émissions de référence et les émissions du projet.

Les tableaux 3.5 et 3.6 montrent respectivement les constantes utilisées pour le calcul des réductions de GES, autant pour les réfrigérants que pour les mousses provenant des appareils et de l'isolation de bâtiments. Pour les réfrigérants et les mousses provenant des appareils, les constantes sont les mêmes que pour le SPEDE. Puisque l'ARB est partenaire du MDDELCC dans la WCI, le protocole du MDDELCC a été inspiré de celui de l'ARB, puisque ce dernier a été en vigueur en premier.

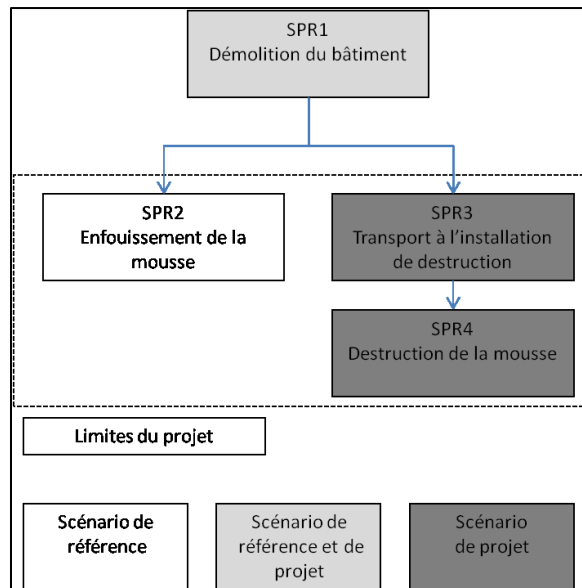


Figure 3.6 Limite du projet pour la récupération des mousses isolantes de bâtiments (traduction libre de : ARB, 2014, p. 12)

Tableau 3.5 Constantes pour les réfrigérants (tiré de : Californie. ARB, 2014, p. 44)

SACO – réfrigérant	PRP 100 ans (tCO ₂ équivalent/ t SACO)	Facteur d'émission 10 ans (%)	Facteur d'émission des substituts (tCO ₂ équivalent/ t SACO)
CFC-11	4 750	89	223
CFC-12	10 900	95	686
CFC-13	14 400	61	7 144
CFC-113	6 130	89	220
CFC-114	10 000	78	659
CFC-115	7 370	61	1 139

Tableau 3.6 Constantes pour les agents de gonflement (tiré de : Californie. ARB, 2014, p. 44)

SACO – agent de gonflement	PRP 100 ans (tCO ₂ équivalent/ t SACO)	Facteur d'émission d'agent de gonflement à partir de mousse d'appareils électroménagers (%)	Facteur d'émission d'agent de gonflement à partir de mousse de bâtiment (%)
CFC-11	4 750	44	20
CFC-12	10 900	55	36
HCFC-22	1 810	75	65
HCFC-141b	725	50	29

Les informations requises pour les appareils desquels sont extraits les réfrigérants et les agents de gonflement sont les mêmes que pour le SPEDE. Les informations pour les mousses provenant des bâtiments sont : l'adresse du bâtiment, la date de construction, l'agent de gonflement utilisé et les dimensions approximatives du bâtiment. Les exigences pour l'échantillonnage des contenants de SACO de réfrigérant et de SACO de mousse sont les mêmes que le SPEDE.

Pour les réfrigérants provenant des réserves entreposées, le lieu d'origine est clairement précisé dans le protocole. Le tableau 3.7 présente les différents lieux d'origine possible pour les réserves entreposées. Pour les agents de gonflement extraits d'appareils, le premier lieu d'origine est l'installation d'extraction contrairement au SPEDE pour qui le lieu d'origine est le lieu d'entreposage des appareils. Pour les agents de gonflement provenant de la mousse isolante des bâtiments, le point d'origine correspond à la localisation du bâtiment.

Tableau 3.7 Lieu d'origine pour les réserves entreposées (inspiré et traduction libre de : Californie. ARB, 2014, p. 30)

Période d'entreposage	Date d'entreposage	Point d'origine
Entreposage depuis plus de 24 mois avant l'acquisition de la réserve entreposée	Avant le 1 ^{er} janvier 2015	Lieu d'entreposage de la réserve.
	Après le 31 décembre 2014	Le site où la réserve dépasse les 500 livres. Peut être soit le lieu d'entreposage de la réserve ou le lieu où la SACO était avant de faire partie de la réserve entreposée.
Entreposage depuis moins de 24 mois avant l'acquisition de la réserve entreposée	Non applicable	Le site où la quantité atteint plus de 500 livres de SACO. Peut être soit le lieu de retrait des SACO, le lieu où étaient les SACO avant l'entreposage ou le lieu d'entreposage des SACO.

Les mousses récupérées des bâtiments doivent être détruites de façon intacte. La masse des mousses doit être déterminée sur une balance au site de destruction. L'échantillonnage doit donc se faire sur la mousse afin de connaître les compositions des agents de gonflement. Deux échantillons doivent être prélevés par bâtiment, en découpant des pièces d'au moins 2 pouces cubes. Les échantillons doivent être entreposés et transportés dans des contenants scellés. Le laboratoire, qui doit être indépendant du promoteur, doit utiliser des méthodes spécifiques de récupération, d'analyse et de pesée.

Pour les SACO qui sont des réfrigérants ou des agents de gonflement, le résultat d'analyse en humidité doit aussi être de moins de 75 % de la saturation. Pour des SACO non mélangées ou encore une SACO pure, soit une SACO ayant plus de 90 % de la même SACO, le point de saturation est celui de la SACO présente en plus grande majorité. Pour les SACO mélangées, le point de saturation correspond au point de saturation le plus bas des substances présentes, pour autant qu'elle soit présente à au moins 10 %. Encore une fois, si les pesées ou les échantillonnages ne rencontrent pas les exigences, aucune réduction d'émissions de GES ne pourra être reconnue (*ibid.*).

La circulation des mélanges doit aussi être effectuée selon les mêmes conditions que le SPEDE. Par contre, seulement deux fois le volume du mélange doit être circulé (*ibid.*). En outre, il y est précisé que le volume à circuler doit être converti selon le tableau des densités fourni par l'ARB qui est présenté au tableau 3.8 afin de déterminer le débit requis pour la circulation. Prendre note ici que la valeur associée au HCFC-22 semble erronée. En effet, elle devrait plutôt être de 1,4 g/cm³ (Air Liquide, 2015).

Tableau 3.8 Densités des halocarbures (tiré de : Californie. ARB, 2014, p. 44)

SACO	Densité (g/cm ³)
CFC-11	1,494
CFC-12	1,486
CFC-13	1,526
CFC-113	1,560
CFC-114	1,455
CFC-115	1,568
HCFC-22	3,66
HCFC-141b	1,25

Les calculs d'efficacité d'extraction pour les agents de gonflement provenant des appareils ne sont pas les mêmes que le SPEDE. Alors que dans ce dernier, celui-ci accepte soit de calculer la quantité initiale d'agents de gonflement dans les mousses à partir de constantes en fonction des dimensions de l'appareil

ou en effectuant une analyse en laboratoire de la mousse, l'ARB autorise seulement de faire l'analyse en laboratoire.

Pour terminer, le protocole permet de retirer des quantités de SACO qui sont disqualifiées après destruction selon le protocole. Pour être disqualifiée, la SACO doit ne pas satisfaire les exigences du point d'origine et de la documentation (Californie. ARB, 2014). La capacité totale des contenants est considérée pour déduire la masse de la SACO non qualifiée à la masse totale. La composition sera considérée comme 100 % de la SACO ayant le plus grand PRP détruite.

3.6 Climate Action Reserve

Le CAR est le premier registre de crédits compensatoires pour le marché nord-américain. Il encourage la réduction des GES en assurant l'intégrité environnementale et les bénéfices financiers des projets de réductions d'émissions. Les projets, qui s'inscrivent donc sur le marché volontaire, visent différents domaines : les forêts mexicaines, le méthane minier, les projets d'enfouissement aux États-Unis d'Amérique et les SACO (CAR, s.d.). Plus précisément, le protocole du CAR visant les SACO permet de calculer, rapporter et vérifier les réductions d'émissions de GES associées avec les destructions de SACO à haut PRP. La méthodologie présentée vise donc les mêmes activités que le SPEDE, en plus d'admettre les mousses isolantes utilisées dans les bâtiments.

Le protocole présenté s'intitule *Ozone Depleting Substances – Project protocol*. Il vise la destruction des réfrigérants et des agents de gonflement. Pour les réfrigérants, ils doivent provenir de sources industrielles, commerciales ou résidentielles provenant d'équipement, de système et d'appareils électroménagers ou provenir de sources entreposées comme le SPEDE. Par contre, ils doivent tous être détruits absolument dans une installation de destruction qualifiée aux États-Unis. Les agents de gonflement provenant des mousses doivent provenir des appareils froids en fin de vie et être récupérés pour être détruits. Contrairement au SPEDE, ils peuvent aussi provenir de l'isolation des bâtiments. Les mousses isolantes de ces bâtiments doivent être récupérées de façon intacte et être envoyées dans des conteneurs scellés pour destruction. (CAR, 2012)

Les SPR sont les mêmes que le SPEDE pour les réfrigérants et les agents de gonflement provenant des appareils. Pour les panneaux de mousse provenant des bâtiments, les SPR sont les mêmes que ceux de l'ARB présenté au chapitre 3.5. Les facteurs d'émission des SACOs contenues dans les mousses isolantes des bâtiments envoyés au site d'enfouissement sont aussi le même que ceux de l'ARB.

Le protocole propose des moyens de déviations si une portion des SACO envoyées pour destruction n'était pas admissible. Une SACO devient non admissible après sa destruction si elle ne satisfait pas par exemple aux exigences de documentation ou de mécanisme d'échantillonnage (CAR, 2012). Il suffit alors de déduire les poids et compositions des SACO non admissibles selon deux méthodes. D'abord, il faut soustraire les masses et compositions applicables si elles sont connues. Sinon, il suffit d'utiliser un estimé conservateur.

Le protocole spécifie une méthode de calculs pour les SACO non pures. En effet, puisque les échantillons doivent être pris dans la portion liquide, les résultats de l'analyse peuvent être non représentatifs. Les compositions dans les parties liquides et les parties vapeur ne sont pas les mêmes. En considérant que des substances ne soient pas admissibles sous ce protocole, l'analyse de la partie liquide peut alors modifier les calculs de réductions d'émissions. Pour adresser ce risque, le promoteur qui envoie des contenants composés de plus d'une SACO doit faire une analyse de détermination de risque afin d'ajuster les calculs pour éviter de surestimer les réductions d'émissions de GES. Par exemple, une SACO se retrouvant en plus grande proportion dans la phase vapeur car elle possède un point d'ébullition plus faible sera donc en plus faible présence dans la portion liquide. En fonction de son PRP, elle peut donc surestimer les calculs de réductions d'émissions. Le calcul du risque vapeur vient donc ajuster les réductions d'émissions de GES.

Le point d'origine des SACO provenant de la mousse isolante des appareils, soit l'installation où les agents de gonflement sont récupérés, est différent de celui du SPEDE. Celui des SACO provenant de la mousse isolante des bâtiments est aussi présenté, car ceci vise une nouvelle activité non présentée dans le SPEDE. Le point d'origine des SACO provenant de la mousse isolante des bâtiments est le lieu du bâtiment duquel on extrait la mousse. Pour les réserves de SACO réfrigérants entreposées avant le 3 février 2010, le point d'origine est le lieu d'entreposage. Sinon, le point d'origine est le lieu où la réserve atteint 500 livres (CAR, 2014).

Pour les panneaux provenant de bâtiment, il est aussi important de consigner les informations suivantes : l'adresse du bâtiment, la date de construction, l'agent de gonflement utilisé et les dimensions approximatives du bâtiment. Les panneaux doivent être intacts pour être envoyés directement à la destruction. Il n'y a donc pas d'obligations d'en extraire les agents de gonflement pour la destruction. La masse de la mousse à détruire doit être prise au site de destruction sur une balance calibrée tous les trois mois. La composition et le ratio massique doivent être déterminés par un minimum de deux

échantillons par surface, c'est-à-dire mur ou toit, avant que le bâtiment ne soit démoli. Les échantillons doivent être des pièces de 2 pouces entreposés dans des contenants scellés pour être envoyés dans un laboratoire accrédité et indépendant du promoteur. Les résultats obtenus concernant la proportion d'halocarbures pour faire suite à l'analyse de ces pièces sont rapportés aux quantités de mousse d'un bâtiment afin d'en déterminer la quantité en halocarbures.

Pour les réfrigérants et les agents de gonflement, les mêmes exigences en termes de pesée, d'échantillonnage et d'analyse que le SPEDE doivent être respectés. Par contre, il est précisé que pour les contenants composés de mélanges de SACO, le point de saturation de l'échantillon doit être celui de la SACO présente à une concentration massique minimale de 10 % dans le mélange avec la plus faible valeur de saturation. Si les exigences ne peuvent pas être respectées, aucune réduction d'émissions de GES ne sera reconnue. Il y est par contre précisé que plusieurs échantillons peuvent être pris jusqu'à avoir des résultats d'analyse satisfaisants, que les résultats d'analyse doivent tous être remis au vérificateur et que le plus conservateur en matière de composition devra être utilisé pour les calculs. Il est exigé de procéder à un assèchement pour enlever l'eau, sans toutefois préciser le mécanisme. Pour les mélanges d'halocarbures, les mêmes exigences que le SPEDE s'applique pour la circulation avant échantillonnage.

3.7 Chicago Climate Exchange

Le Chicago Climate Exchange (CCX) fut le plus grand programme de réductions d'émissions de GES en Amérique du Nord. Reconnu sur le marché volontaire, il eut aussi une grande longévité de 2003 à 2010. (CCX, 2015).

Dès 2007, le CCX a publié un protocole intitulé : *Chicago Climate Exchange ozone depleting substance destruction offset project protocol*. Les SACO admissibles étaient celles dont la production a été éliminée en vertu du protocole de Montréal. Elles sont les mêmes que les réfrigérants du SPEDE présentés au tableau 3.1 avec en plus le halon 1211, le halon 1301, le halon 2402, le tétrachlorure de carbone et le chloroforme de méthyle (CCX, 2012). Il était possible d'importer des SACO pour ce protocole. Par contre, il fallait satisfaire les exigences réglementaires nationales et internationales pour l'importation. Pour toutes les SACO admissibles, la destruction de ces dernières ne devait pas être une pratique courante et devait aller au-delà des affaires courantes (*ibid.*). Pour les SACO importées, elles ne devaient pas avoir été produites pour des utilisations critiques, par exemple pour application médicale. Les SPR étaient les

mêmes que ceux du SPEDE. Les agents de gonflement provenaient d'appareils de réfrigération. Toutefois, pour les autres halocarbures, la source n'était pas spécifiée.

Les pesées pouvaient se faire en considérant celles avant et celles après le remplissage des contenants. La pesée avant le remplissage pouvait aussi être remplacée par l'utilisation des masses vides officielles, appelée la tare, des contenants (*ibid.*). Au site de destruction, la pesée était faite avant et après la destruction. Cette dernière pouvait être réconciliée avec la pesée avant remplissage. À défaut des pesées avant et après destruction, un débit mesuré de façon continue à l'alimentation de l'installation de destruction pouvait les remplacer. Le débitmètre devait être calibré en suivant les recommandations du fabricant. Les agents de gonflement n'étaient pas spécifiquement récupérés de façon concentrée comme le SPEDE. Les mousses pouvaient être envoyées directement pour destruction selon la même méthodologie que les panneaux d'isolation des bâtiments présentés aux chapitres 3.5 et 3.6. Par contre, le promoteur était responsable de proposer la méthodologie d'échantillonnage.

La recirculation pour les mélanges avant échantillonnage devait être effectuée seulement si le contenant était stationnaire depuis plus de trois heures. L'agitation occasionnée lors du transport des SACO était jugée suffisante. Contrairement au SPEDE, les SACO purs contenaient au moins 99,5 % de la même SACO (*ibid.*). Pour les contenants immobiles depuis plus de trois heures, le protocole exigeait seulement une recirculation complète des SACO et non deux fois le volume du contenant. L'échantillonnage s'effectuait immédiatement lorsque la circulation était finie.

3.8 Canadian Standard Association par Blue Source Canada

La firme Blue Source Canada a développé une méthodologie adaptée du CAR pour les activités de destruction émanant des activités du PCGR sur le registre du Canadian Standard Association (CSA). Ce registre autorise l'enregistrement de réductions d'émissions de GES après une publication pour commentaires du public (CSA, 2015). Les crédits compensatoires accordés peuvent alors être échangés sur le marché volontaire. Le PCGR a récolté respectivement 304,5 t et 371,5 t de SACO de sources industrielles et commerciales en 2009 et en 2011 (PCGR, 2010; PCGR, 2012). Blue Source Canada est une firme spécialisée dans le marché du carbone. Elle est reconnue comme un leader dans le développement de projets de compensation dans plusieurs domaines, dont l'efficacité énergétique, l'énergie éolienne et la biomasse (Blue Source Canada, s.d.).

La méthodologie s'inspire du CAR *Ozone-Depleting Substance Project Protocol* présenté au chapitre 3.6. Il a été adapté afin d'inclure les SACO de source canadienne. Il est accepté d'utiliser une balance calibrée seulement une fois par année et non aux trois mois comme le SPEDE. L'échantillonnage utilisé pour l'analyse de la composition n'est pas fait à l'installation de destruction, mais bien au point de collecte, dans chacun des cylindres reçus et avant transfert dans un grand contenant (Blue Source Canada, 2014). Par conséquent, l'analyse est faite sur place et elle ne respecte pas les critères d'utilisation d'un laboratoire agréé. Les contenus des cylindres d'entreposage sont inclus dans les calculs de réductions d'émissions seulement s'ils contiennent des quantités suffisantes de SACO admissibles. Pour le CFC-11 et le CFC-113, un minimum de 10 kg doit être présent pour être inclus dans les calculs de réductions d'émissions, alors que pour le CFC-12 et le CFC-115, un minimum de 5 kg doit être inclus dans les calculs de réductions d'émissions. Il est estimé que l'eau, l'huile et autres contaminants représentent respectivement 5 % et 2 % pour les cylindres de basse et de haute pression, alors que les résidus d'ébullition sont de 5 %, peu importe le type de pression (*ibid.*). Par contre, lorsque le grand contenant est échantillonné au point de collecte, si les analyses démontrent de plus grands pourcentages de résidus d'ébullition, ces derniers seront utilisés.

Puisque le promoteur, l'installation de récupération ou l'installation de destruction ne peut pas satisfaire les exigences de circulation pour l'échantillonnage de SACO mélangées, les SACO sont analysées cylindre par cylindre pour déterminer la composition avant transfert. Les cylindres sont échantillonnés dès leur arrivée au centre de récupération, donc après qu'ils aient été transportés. L'agitation qui se produit lors du transport permet ainsi un échantillonnage plus représentatif. Dans ce cas-ci, l'installation d'entreposage des cylindres collectés est considérée comme le point d'origine.

Un facteur de risque de vapeur est aussi utilisé pour tenir compte de la différence de composition de la vapeur et du liquide. Afin d'éviter des calculs complexes sur chacun des cylindres, un facteur de 0,05 est appliqué à tous afin de conserver un calcul conservateur (*ibid.*). Des pertes de 0,5 % par transfert sont considérées et sont déduites de la masse de SACO détruites (*ibid.*). Les analyses sont aussi effectuées par un laboratoire non agréé selon la norme AHRI 700-2006 contrairement à ce qui est demandé dans le SPEDE.

4 ANALYSE

Comme il a été présenté au chapitre 2, les activités et les équipements utilisant les halocarbures génèrent des fuites au Québec. La différence dans les bilans de vente et de reprise des halocarbures au Québec illustre le manque de connaissance et de contrôle de la gestion des halocarbures. L'ajout de mesures incitatives comme la reconnaissance de crédits compensatoires pour la réduction d'émissions de GES grâce à de meilleures collectes et à la destruction des halocarbures peut ainsi assurer une meilleure gestion de ces derniers. Toutefois, pour y arriver, l'offre de crédits compensatoires doit être augmentée et la délivrance doit être facilitée. En se basant sur les informations précédemment exposées aux chapitres 2 et 3, les nouvelles activités non couvertes dans le SPEDE sont analysées en premier lieu. En deuxième temps, les différences identifiées parmi les protocoles et les méthodologies étudiés au chapitre 3 avec le SPEDE sont analysées. Finalement, les activités ou les modifications retenues en fonction de leur importance dans le cadre de cette analyse sont présentées.

4.1 Nouvelles activités

Les nouvelles activités peuvent avoir été identifiées par le portrait de l'utilisation des halocarbures ou grâce à un protocole existant décrit dans les chapitres 2 et 3. Les trois critères utilisés sont le potentiel, l'applicabilité ainsi que l'additionnalité de ces nouvelles activités. Le potentiel est estimé en fonction de la quantité d'halocarbures en réserve pouvant générer des réductions d'émissions de GES. Le potentiel pose aussi un regard critique sur la disponibilité des réserves, à savoir le moment où elles seront disponibles et accessibles afin d'être transformées en réductions d'émissions de GES. L'applicabilité est jugée selon qu'il est facile ou non d'appliquer des méthodologies existantes, si des modifications sont nécessaires ou si l'activité possède des restrictions financières. Une activité est additionnelle si elle va au-delà la pratique courante. S'il manque d'information ou de détails pour l'évaluer, la valeur est abaissée. Chaque critère est noté sur une échelle de 0 à 2, selon le tableau 4.1. Pour qu'une activité soit retenue, le premier critère doit obtenir la valeur intermédiaire ou maximale. Si le potentiel n'existe pas, il n'est pas cohérent de retenir cette activité. Cette analyse donne lieu à des recommandations pour modifier le *Protocole 3* ou pour créer de nouveaux protocoles afin d'augmenter le potentiel de crédits compensatoires visant les halocarbures.

Tableau 4.1 Valeurs des critères utilisés lors de l'analyse

Analyse	Critères	Valeur	Définition de la valeur
Nouvelles activités	Potentiel	0	Pas ou faible potentiel
		1	Potentiel moyen
		2	Fort potentiel
	Applicabilité	0	Non applicable
		1	Applicable avec modifications ou restrictions
		2	Facilement applicable
	Additionnalité	0	N'est pas additionnelle
		1	Peut être additionnelle, manque d'information ou de détail pour l'être
		2	Est additionnelle

4.1.1 HCFC et HFC en réfrigération et climatisation

Les HFC et HCFC utilisés en tant que réfrigérant possèdent un fort potentiel. La réfrigération ainsi que la climatisation résidentielle, commerciale et industrielle sont déjà des activités reconnues dans le protocole actuel. Par contre, ils ne visent que les réfrigérants de type CFC, alors qu'ils n'incluent pas les HCFC et les HFC. Les HCFC et les HFC comptent pour une réserve en 2007, respectivement de 25 427 et 11 749 t. Ils représentent respectivement des proportions de 44 % et 20 % des réserves d'halocarbures au Canada. Ces valeurs sont tirées du tableau 2.4 sans prendre en compte les données pour la climatisation mobile. Le tiers de la réserve potentielle totale provient de source résidentielle et les deux tiers proviennent de source commerciale et industrielle. Ces substances, ayant de grand PRP, représentent 37 millions de tCO₂ équivalent. Au fur et à mesure que les CFC sont traités et puisque ces substances sont bannies, leur réserve diminue. Il devient donc important de reconnaître les réductions d'émissions des HCFC ainsi que des HFC, puisque leurs ventes ont augmenté comme présentées au chapitre 2.2 et que les reprises demeurent relativement faibles. Le potentiel est donc présent dès maintenant et augmentera rapidement dans le futur. Par ailleurs, les halocarbures d'origine résidentielle ne sont pas visés par la majorité de la réglementation, et il n'y a donc pas de mesures incitatives ni d'infrastructures existantes au Québec pour les prendre en charge correctement (Recyclage ÉcoSolutions, 2014). Dans le cas des HFC, leur utilisation continue de croître et il n'y a pas de mesures incitatives à les recycler. Cette réserve continuera d'augmenter dans le futur. Lorsqu'il sera interdit d'utiliser les HCFC et les HFC, les appareils qui en contiennent continueront de fonctionner jusqu'à leur fin de vie et ce n'est qu'à ce moment qu'ils seront récupérés.

Puisque le protocole existe déjà pour les CFC et qu'il suffit d'y ajouter ces substances, l'activité est facilement applicable autant pour la source résidentielle que pour les sources commerciale et industrielle. Une fois récupérés, les HCFC et les HFC doivent alors être envoyés pour destruction comme dans le *Protocole 3* du SPEDE. De plus, l'efficacité en dollar par tCO₂ équivalent est très basse pour les HCFC, soit entre 10 et 20 dollars par tCO₂ équivalent produite (Ashford et Kuijpers, 2010). Pour les CFC, la valeur se trouve sous les 10 dollars par tCO₂ équivalent produite. Le PNUE (2010) considère qu'une valeur de moins de 15 dollars par tCO₂ équivalent demande très peu d'effort pour récupérer les halocarbures, qu'une valeur autour de 35 dollars par tCO₂ équivalent demande des efforts moyens et qu'une valeur de plus de 100 dollars par tCO₂ équivalent n'est pas économiquement acceptable et faisable à ce stade. Par exemple, une unité lors de la dernière vente aux enchères conjointe du Québec et de la Californie de 2015 s'est vendue à 17,00 dollars canadiens (MDDELCC, 2015k). En comparaison avec les valeurs du PNUE, ceci montre qu'avec des efforts faibles ou moyens, il est possible de récupérer les investissements mis pour mettre en place les réductions de GES.

La récupération des HCFC et des HFC d'origine résidentielle va au-delà de la pratique courante et l'activité est donc additionnelle. En effet, le secteur résidentiel pour les halocarbures n'est pas tenu en compte dans le *Règlement sur les halocarbures*. Selon les informations présentées dans le bilan de reprise et de vente des halocarbures, il semble y avoir un problème au niveau de la récupération des HCFC et des HFC d'origine commerciale et industrielle. Il manque d'information pour confirmer comment ils sont gérés une fois récupérés. Par conséquent, la récupération des HCFC et HFC d'origine commerciale et industrielle peut être additionnelle. Le tableau 4.2 présente les résultats d'analyse concernant l'ajout des HCFC et des HFC.

Tableau 4.2 Résultats d'analyse concernant l'ajout des HCFC et des HFC

Critères	Valeur	
	Résidentielle	Commerciale et industrielle
Origine des halocarbures		
Potentiel en termes de réserve d'halocarbures	2	
Applicabilité	2	
Additionnalité	2	1
Total	6	5

4.1.2 Climatisation mobile

La climatisation mobile présente un fort potentiel. En 2007, il y avait 14 263 t d'halocarbures en réserve dans les climatiseurs mobiles qui équivalent à 24,8 % de la réserve canadienne. De nos jours, les climatiseurs mobiles fonctionnent majoritairement au HFC-134a, et en considérant de façon conservatrice que la réserve de 2007 est constituée principalement de cette substance, ceci correspond à une réserve de plus de 20 millions de tCO₂ équivalent. Au Québec, il y a 400 000 véhicules mis à la ferraille annuellement au Québec (Recyclage ÉcoSolutions, 2014; Association des recycleurs de pièces d'autos et de camions (ARPAC), 2007). Par conséquent, l'accès à ces réserves est disponible immédiatement.

Cet ajout est facilement applicable. Bien qu'aucun protocole ne soit existant concernant les climatiseurs mobiles, les réfrigérants récupérés peuvent être applicables selon la même méthodologie de récupération des réfrigérants que le SPEDE. Ces réfrigérants doivent aussi être envoyés pour destruction une fois qu'ils sont récupérés. Il n'y a pas d'étude qui vise spécifiquement le coût en dollar par tCO₂ équivalent produite pour les climatiseurs mobiles. Par contre, en se basant sur le fait que la récupération se fait de la même façon que pour les appareils de réfrigération résidentielle, les coûts sont relativement faibles et demandent peu d'effort.

L'activité de récupération complète de ces halocarbures et de leur destruction est additionnelle. Cette activité ne semble pas aller au-delà de la pratique courante, puisque *le Règlement sur les halocarbures* précise que les halocarbures des climatiseurs mobiles doivent être récupérés. Par contre, bien que ce soit obligatoire, il n'y a pas de mesures incitatives pour le faire ni d'infrastructure au Québec pour prendre en charge les halocarbures une fois récupérés. Le PCGR ne les prend pas en charge, car ce sont des HFC et ils ne sont pas d'origine industrielle ou commerciale. Il n'y a pas de solutions, d'infrastructures de gestion ou de programmes de récupération. Tout comme pour les appareils de réfrigération d'origine résidentielle, il est possible que les halocarbures ne soient pas récupérés adéquatement. Il n'y a malheureusement aucune étude qui peut confirmer comment sont gérés ces halocarbures une fois récupérés. En observant ce qui se fait en Californie, les statistiques démontrent que les halocarbures ne sont pas totalement retirés des systèmes de climatisation et que 26 % sont toujours présents. La Californie étant un partenaire du Québec dans le WCI, il est possible de supposer les mêmes pratiques au Québec. Le tableau 4.3 résume l'analyse.

Tableau 4.3 Résultats d'analyse concernant l'ajout des climatiseurs mobiles

Critères	Valeur
Potentiel en termes de réserve d'halocarbures	2
Applicabilité	2
Additionnalité	2
Total	6

4.1.3 Agents de gonflement utilisés dans la mousse isolante des bâtiments

L'ajout des agents de gonflement provenant des mousses isolantes des bâtiments présente un potentiel moyen. Bien qu'il soit difficile de mesurer la réserve des agents de gonflements contenus dans les mousses isolantes des bâtiments, il a été possible d'estimer que 260 t d'entre elles ont été enfouies en 2013 en transposant certaines données de la Californie au Québec. Les bâtiments possèdent une durée de vie de 50 à 100 ans (PNUE, 2008). Par conséquent, dû à leur durée de vie et à leur âge, il est fort probable que les mousses isolantes qui seraient actuellement récupérées des bâtiments contiennent du CFC-11. Ceci équivaut à un grand potentiel de 1 235 000 tCO₂ équivalent par année. En considérant que cette valeur a été effectuée à partir des chiffres de la Californie, elle comporte une certaine incertitude et possiblement une sous-évaluation à cause des différences climatiques. Les mousses isolantes des bâtiments, avant qu'elles ne se retrouvent en fin de vie, prendront du temps avant d'être récupérées. Par conséquent, le potentiel est abaissé à moyen.

L'activité n'est pas applicable à ce stade. Les chapitres 3.5 et 3.6 présentent des protocoles visant directement cette activité ailleurs qu'au Québec. Bien que des protocoles pouvant inspirer l'ajout de cette activité au SPEDE aient été présentés au chapitre 3.5 et 3.6, il existe des restrictions financières pour cette activité. Le protocole existe déjà pour les agents de gonflement provenant des mousses des appareils électroménagers dans le SPEDE, il suffit d'y ajouter ceux provenant des mousses isolantes des bâtiments à l'instar de l'ARB. Par contre, le PNUE (2010) affirme que financièrement, il est plus coûteux de récupérer et de faire détruire ces agents de gonflement de la mousse isolante des bâtiments que ceux des appareils électroménagers et que des efforts et des innovations doivent être effectués pour leur récupération. La valeur se trouve au-dessus de 100 dollars par tCO₂ équivalent et n'est pas encore acceptable financièrement et faisable à ce stade.

Finalement, puisqu'il n'y a aucune obligation de récupérer les mousses isolantes dans le *Règlement sur les halocarbures*, cette activité est alors additionnelle. Le tableau 4.4 présente le sommaire des résultats de l'analyse.

Tableau 4.4 Résultats d'analyse concernant l'ajout des mousses isolantes des bâtiments

Critères	Valeur
Potentiel en termes de réserve d'halocarbures	1
Applicabilité	0
Additionnalité	2
Total	3

4.1.4 HFC comme agent de gonflement

Les HFC présentent un fort potentiel au niveau de la récupération comme agent de gonflement provenant des appareils. Les halocarbures provenant des mousses isolantes des appareils sont estimés à une réserve possible de 11 468 t en 2007. Parmi cette réserve, une portion est issue des appareils plus récents qui contiennent du HFC-245a. Plus les années vont passer, plus les agents de gonflements récupérés seront du HFC-245. Les appareils électroménagers ont une durée de vie de 10 à 25 ans (PNUE, 2005), et le HFC-245 a commencé à être utilisé en 2001 (Caleb Management Services Limited, 2011). Par conséquent, le HFC-245 commence à être récupéré et les quantités augmenteront dans le futur. Parmi les 11 468 t d'halocarbures en 2007, en supposant que 10 % des appareils formant cette réserve contiennent du HCF-245a, le potentiel équivaut 1,15 million de tCO₂ équivalent en réserve. Le potentiel est présent à court terme. Les HFC provenant des bâtiments présentent un potentiel moyen. Bien que les halocarbures des bâtiments présentent un potentiel de 260 t annuellement, seulement une faible portion d'entre eux est actuellement des HFC. En effet, les bâtiments ont une durée de vie de 50 à 100 ans (PNUE, 2008) et avant de les récupérer, il s'écoulera plusieurs années. Le potentiel est plus à long terme.

L'ajout des HFC provenant des appareils électroménagers est applicable. Puisque le protocole existe déjà pour les CFC et les HCFC provenant des appareils, il suffit d'ajouter l'activité au protocole, d'assurer leur récupération et leur destruction. Selon une présentation du comité du PNUE (Ashford et Kuijpers, 2010), l'efficacité en matière de coût, soit en dollar par tCO₂ équivalent récupérée, est très élevée. Elle est meilleure pour les CFC que les HCFC. Les CFC possédant un plus grand PRP, le coût de revient est donc plus grand. Le coût pour les HCFC étant déjà près de dépasser les 100 dollars par tCO₂ équivalent dans les pays développés (PNUE, 2010), celui pour les HFC serait environ le même, puisque le PRP du HFC-245a est légèrement plus faible que celui du HCFC-141b. Toutefois, les agents de gonflement contenu dans les mousses sont récupérés sans distinction, que ce soit des CFC, des HCFC ou de HFC (Recyclage ÉcoSolutions, 2015). Tous les agents de gonflement se retrouvent alors mélangés dans les mêmes

contenants de récupération qui sont envoyés pour destruction. Il semble alors évident d'ajouter les HFC puisqu'ils sont détruits en même temps que les CFC et les HCFC. Pour les agents de gonflement provenant des bâtiments, puisqu'il existe des restrictions financières comme présentées au chapitre 4.1.3, l'activité n'est pas économiquement acceptable et faisable à ce stade.

Finalement, dans le même sens qu'au point 4.3, il n'y a aucune obligation de récupérer les agents de gonflement dans les mousses. Par conséquent, cette portion est aussi additionnelle. Le tableau 4.5 présente le sommaire des résultats de l'analyse de l'ajout des HFC comme agents de gonflement.

Tableau 4.5 Résultats d'analyse concernant l'ajout de HFC dans les agents de gonflement

Critères	Valeur	
	Appareils de réfrigération	Bâtiments
Potentiel en termes de réserve d'halocarbures	2	1
Applicabilité	2	0
Additionnalité	2	2
Total	6	3

4.1.5 Évitement d'émission lors de la fabrication de mousse

Il est impossible d'évaluer correctement le potentiel d'émission d'halocarbures lors de la fabrication de mousse. Au Canada en 2011, il y avait 93 établissements classés selon le système de classification des industries de l'Amérique du Nord comme étant des fabricants de produits de mousse de polystyrène (Canada. Industrie Canada, 2015a). Les principaux produits fabriqués sont entre autres les panneaux d'isolant en mousse, les mousses de polystyrène expansées ainsi que la fabrication de glacières. Il y avait pour la même année, 112 établissements reconnus comme étant fabricants de mousse d'uréthane et autres mousses plastiques (Canada. Industrie Canada, 2015b). Aucune donnée de production n'existe pour ces entreprises. Ces fabricants ne peuvent plus utiliser de CFC ou de HCFC pour la production de leur mousse plastique, puisqu'il est interdit d'en utiliser, d'en fabriquer ou d'en importer (*Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone (1998)*). Déjà en 2008, le marché nord-américain de la mousse isolante utilisait principalement des HC et des HFC (PNUE, 2010). Par conséquent, il est impossible d'estimer les fuites d'halocarbures que les entreprises canadiennes peuvent effectuer et d'estimer le potentiel de cette activité pour avoir des réductions d'émissions. Bien qu'il y ait deux protocoles visant l'évitement d'émission lors de la fabrication de la mousse isolante qui ont été

présentés aux chapitres 3.2 et 3.3, l'analyse ne se poursuit pas puisque le critère de potentialité n'est pas satisfait.

4.1.6 Gestion de fuites de réfrigérant

La gestion des fuites de réfrigérant par la détection de fuite en continu ou par la recharge avec des réfrigérants à bas PRP possède un grand potentiel. Trois protocoles applicables ont été étudiés aux chapitres 3.2, 3.3 et 3.4. Ils peuvent se regrouper en deux catégories : la détection de fuites de réfrigérant afin d'éviter les fuites dans les installations de réfrigération commerciale et l'utilisation de réfrigérant à bas PRP ou recyclé dans ces mêmes installations. Il a été évalué que les installations de réfrigération commerciale peuvent fuir entre 1 et 50 % chaque année (ACR, 2015a). En considérant les 9 926 t d'halocarbures en réserve en réfrigération commerciale sans les arénas en 2007, cela signifie qu'entre 99 et 4 963 t d'halocarbures vont fuir chaque année au Canada. Puisque les CFC sont bannis, les fuites sont principalement de HCFC et de HFC, qui ont des PRP plus bas que les CFC. Toutefois, celles-ci représentent tout de même de grandes quantités de GES émises à l'atmosphère chaque année. En considérant le PRP du HCFC-22 de 1 700, ceci représente entre 168 300 et 8 437 100 tCO₂ équivalent annuellement. Cette valeur irait en diminuant au fur et à mesure que les systèmes de détection de fuite seraient mis en place.

Avec les trois protocoles existants, il y a donc une facilité d'application. Il suffit alors de s'en inspirer et de les combiner pour rédiger le protocole. Dans ce cas-ci, les coûts associés ne concernent pas la récupération et la destruction des halocarbures, mais simplement par le remplacement d'halocarbures, des modifications aux équipements pour parfois s'adapter à ces nouveaux halocarbures et l'achat d'équipement de détection de fuite. La détection de fuite économise des coûts, afin d'éviter de remplacer les halocarbures.

Tant que la réglementation ne l'exige pas, cette gestion de fuites est additionnelle. Bien que les fuites d'halocarbures soient interdites, il n'y a aucune obligation d'effectuer en continu la détection de fuites ou de remplir les équipements avec des halocarbures à faible PRP. Le tableau 4.6 résume cette analyse.

Tableau 4.6 Résultats d'analyse concernant la gestion des fuites d'halocarbures par la détection de fuite ou par la recharge avec substances à faible PRP

Critères	Valeur
Potentiel en termes de réserve d'halocarbures	2
Applicabilité	2
Additionnalité	2
Total	6

4.2 Différences avec le *Protocole 3* du SPEDE

Les différences identifiées avec le *Protocole 3* sont analysées afin de le modifier, de l'optimiser et de l'améliorer pour faciliter l'attribution sans nécessairement augmenter le potentiel de délivrance de crédits compensatoires visant les halocarbures. Ces modifications aident simplement le promoteur lors de la mise en œuvre du projet et de la réalisation des réductions d'émissions de GES. Les différences constatées avec le SPEDE dans le chapitre 3 sont analysées à l'aide de deux critères, soit le potentiel de valeur ajoutée et l'applicabilité des différences identifiées. Le potentiel de valeur ajoutée évalue si une modification du *Protocole 3* facilite et optimise les mécanismes de calculs et de délivrances des crédits compensatoires. L'applicabilité détermine s'il est facile ou non de faire ces modifications. Les critères sont évalués sur une échelle de 0 à 2, selon le tableau 4.7. Afin de poursuivre l'analyse, la différence identifiée doit avoir un fort potentiel et ainsi obtenir la valeur maximale en termes de potentiel. Cette analyse permet de déterminer les recommandations à faire pour modifier le *Protocole 3* afin d'augmenter ou de faciliter le potentiel de crédits compensatoires visant les halocarbures.

Tableau 4.7 Valeurs des critères utilisés lors de l'analyse

Analyse	Critères	Valeur	Définition de la valeur
Différences identifiées avec le SPEDE	Potentiel de valeur ajoutée des différences	0	Pas ou faible potentiel
		1	Potentiel moyen
		2	Fort potentiel
	Applicabilité	0	Non applicable
		1	Applicable avec modifications
		2	Facilement applicable

4.2.1 Différences identifiées sans potentiel de valeur ajoutée

Plusieurs différences identifiées n'ont pas de valeur ajoutée pour modifier le *Protocole 3* du SPEDE. Bien qu'elles soient brièvement présentées, leur analyse n'est pas poussée plus loin.

Une différence identifiée qui se retrouve dans les protocoles du CAR et de l'ARB est l'interdiction de la reconnaissance des réductions de GES si les critères de pesées, d'échantillonnage et d'analyse des SACO ne sont pas respectés. Ce principe va à l'encontre de la facilitation de reconnaissance des crédits compensatoires et n'augmente pas leur potentiel. Il n'a donc pas de valeur ajoutée.

Le calcul de l'efficacité d'extraction est fait différemment dans le protocole du VCS présenté au chapitre 3.4. Un test annuel est proposé afin de connaître la proportion d'agents de gonflement retirée pour 1 000 appareils et ainsi de calculer l'efficacité d'extraction des agents de gonflement de mousse. Toutefois, cette différence ne facilite pas le travail du promoteur de projet et les calculs des réductions d'émissions concernant les agents de gonflement, puisqu'un test supplémentaire doit être effectué.

Dans l'ARB et le CAR, les points d'origine des SACO provenant de sources entreposées sont précisés contrairement au SPEDE. Le point d'origine des agents de gonflement du CAR est différent du SPEDE. Il est l'endroit de récupération des agents de gonflement, contrairement au SPEDE qui est le premier lieu d'entreposage des appareils. Par contre, identifier différemment le point d'origine ne permet pas de faciliter ni d'augmenter la délivrance de crédits compensatoires.

Le risque vapeur des échantillonnages proposé par le CAR et le CSA ainsi que le calcul pour convertir le volume lors de calcul nécessaire pour la recirculation proposée par l'ARB ne présentent pas de valeur ajoutée pour faciliter la réclamation ou augmenter la délivrance de crédits compensatoires.

Le calcul du point de saturation proposé par le CAR et l'ARB, en utilisant la SACO dans le mélange avec la plus faible saturation, qui est au moins présente à 10 % de composition massique, n'offre pas de valeur ajoutée pour faciliter la réclamation de crédits compensatoires. En effet, il est possible dans le SPEDE de déduire directement la quantité d'eau.

L'ARB suggère seulement de procéder à une analyse des mousses afin de déterminer la quantité d'agents de gonflement contenue initialement dans les appareils pour déterminer l'efficacité d'extraction, alors que le SPEDE propose une méthode supplémentaire basée sur des constantes. Par cette deuxième approche d'utilisation de constante, c'est le SPEDE qui facilite la délivrance de crédits compensatoires.

4.2.2 Processus de déviation

Un processus de déviation possède une valeur ajoutée pour le *Protocole 3* du SPEDE afin de faciliter la réclamation et la délivrance des crédits compensatoires. Le CAR et le VCS permettent tous deux de retirer les quantités de SACO non admissibles afin de pouvoir réclamer les portions admissibles. Ce processus de déviation facilite la réclamation de crédits compensatoires en évitant que les quantités de crédits compensatoires allouées soient surestimées ou tout simplement invalidées. Ce processus comme tel n'est pas applicable dans le cadre du SPEDE afin de faciliter ou d'augmenter le potentiel de délivrance. Toutefois, il ouvre la porte sur un mécanisme de déviation. Comme mentionné au chapitre 1.2, le protocole visant les SACO entré en vigueur à la fin de 2012, autorise des projets réalisés avant 2012 et après 2007. Par conséquent, des déviations sont logiques puisque les destructions faites dans le passé ne pouvaient pas anticiper les exigences du protocole de 2012.

Ainsi, un processus de déviation a une valeur ajoutée. Pour être applicable, la justification des réductions doit être solide, en plus d'être vérifiée et approuvée par le vérificateur. Le tableau 4.8 résume l'analyse d'un processus de déviation.

Tableau 4.8 Résultats d'analyse du processus de déviation

Critères	Valeur
Potentiel de valeur ajoutée du processus de déviation	2
Applicabilité du processus de déviation	2
Total du processus de déviation	4

4.2.3 Recirculation des mélanges

Le fait d'optimiser le processus de recirculation exigé par le SPEDE simplifie la délivrance de crédits compensatoires sans augmenter la quantité de crédits compensatoires et possède une valeur ajoutée. Le CCX et le CSA proposent que l'échantillonnage des contenants, moins de trois heures après leur transport, puisse être effectué. Le transport est considéré comme étant suffisant pour la circulation des SACO. Cette petite différence, aussi mineure soit-elle, facilite les opérations avant la destruction, réduit les coûts puisqu'une tierce partie n'a pas à être embauchée, et aide à la réclamation des crédits compensatoires. Dans le même ordre d'idée, le CAR et l'ARB autorisent de faire circuler deux fois le volume du mélange, et non deux fois le volume du contenant. Cette méthode diminue le temps de circulation, surtout si le contenant n'est pas rempli au maximum de sa capacité. L'opération est facilitée et les coûts sont diminués. Ceci simplifie indirectement la réclamation des réductions d'émissions de

GES. En outre, cette différence peut être facilement ajoutée au mécanisme du protocole. Le tableau 4.9 résume l'analyse.

Tableau 4.9 Résultats d'analyse concernant les SACO de sources entreposées

Critères	Valeur
Potentiel de valeur ajoutée	2
Applicabilité	2
Total	4

4.2.4 Facteurs d'émission des agents de gonflement lors de l'enfouissement

En modifiant les facteurs d'émission des agents de gonflement avec des chiffres plus près de la réalité, ceci augmente le potentiel de réductions d'émissions et de délivrance de crédits compensatoires. Des auteurs qui ont produit les études sur lesquelles sont basés les calculs de facteurs d'émission des agents de gonflement remettent eux-mêmes en question leurs chiffres qui ont ceux utilisés dans le SPEDE. EOS Climate a proposé des chiffres plus représentatifs de la réalité, qui augmentent les valeurs des réductions d'émissions. Il est aussi facilement applicable, puisqu'il suffit de remplacer les valeurs approuvées scientifiquement dans le *Protocole 3*. Le tableau 4.10 présente les résultats de cette analyse.

Tableau 4.10 Résultats d'analyse concernant les facteurs d'émission des agents de gonflement

Critères	Valeur
Potentiel de valeur ajoutée	2
Applicabilité	2
Total	4

4.2.5 Autres différences mineures identifiées

Le CCX propose des types de réfrigérants supplémentaires, qui proviennent d'autres activités. Cette différence est plutôt analysée dans le chapitre 4.1 en spécifiant de nouvelles activités.

Le CCX propose d'utiliser les tares de contenant ou le cumulatif du débitmètre d'alimentation des halocarbures à l'unité de destruction lorsque le contenant vide n'a pas été pesé conformément aux exigences. Le CSA propose d'utiliser des chiffres conservateurs pour la teneur en eau, la teneur en huile et de résidus d'ébullition, en plus de permettre l'échantillonnage au point de récupération, une analyse par un laboratoire non accrédité et une balance calibrée à une plus grande fréquence. Ces différences,

bien que mineures, peuvent alors être utilisées en tant que déviation à faire approuver par un vérificateur dans le cadre d'un processus de déviation comme présenté au chapitre 4.2.2 afin de faciliter le processus de réclamation et de délivrance des crédits compensatoires.

Dans le même ordre d'idée, les valeurs présentées au chapitre 2.1.8 par la compagnie EOS Climate (2009) suggèrent un chiffre 0,083 à 0,085 kg d'agents de gonflement par kg de mousse dans les appareils électroménagers et qu'un appareil contient 5,74 kg de mousse (*ibid.*). Lorsqu'un test annuel n'a pas été effectué, ces valeurs peuvent être utilisées par défaut pour calculer l'efficacité d'extraction en tant que processus de déviation comme présenté au chapitre 4.2.2 afin de faciliter la délivrance de crédits compensatoires.

4.3 Sélection des nouvelles activités et des différences identifiées

Afin de sélectionner et de prioriser les nouvelles activités ainsi que les différences identifiées qui augmentent la capacité ou facilitent le potentiel de délivrance des halocarbures, une valeur leur a été attribuée en fonction de différents critères. La valeur globale détermine l'importance de la nouvelle activité ou de la différence identifiée. Dans le cas des nouvelles activités, l'importance se mesure comme étant non important, moyennement important ou très important, lorsque la valeur totale est respectivement de 0 à 1, 2 à 4 et 5 à 6. Dès qu'une activité a peu ou pas de potentiel, elle est immédiatement considérée comme non importante. Pour les différences identifiées, l'importance se mesure aussi comme étant non important, moyennement important ou très important, mais lorsque la valeur totale est respectivement de 0 à 1, 2 à 3 et 4. Si l'analyse démontre qu'il y a peu ou pas de potentiel, l'importance est directement évaluée à non important. Les tableaux 4.11 et 4.12 présentent les classifications de l'importance et les résultats obtenus.

Tableau 4.11 Importances des nouvelles activités

Valeur finale des nouvelles activités	Importance	Valeur finale des différences identifiées	Importance
0	Non important	0	Non important
1		1	
2	Moyennement important	2	Moyennement important
3		3	
4		4	
5	Très important		
6			

Tableau 4.12 Importances des différences identifiées

Nouvelles activités	Valeur finale	Importance	Différences	Valeur finale	Importance
HCFC et des HFC pour la réfrigération d'origine résidentielle	6/6	Très important	Non-reconnaissance des GES	0/4	Non important
HCFC et des HFC pour la réfrigération d'origine commerciale et industrielle	5/6	Très important	Calcul pour l'efficacité d'extraction des agents de gonflement provenant de la mousse isolante	0/4	Non important
Climatisation mobile	6/6	Très important	Points d'origine différents	0/4	Non important
Agents de gonflement utilisés dans la mousse isolante des bâtiments	3/6	Moyennement important	Risque vapeur et calcul du volume à recirculer	0/4	Non important
HFC comme agent de gonflement dans la mousse isolante des appareils	6/6	Très important	Analyse des mousses pour le calcul de l'efficacité d'extraction	0/4	Non important
HFC comme agent de gonflement dans la mousse isolante des bâtiments	3/6	Moyennement important	SACO provenant de sources entreposées	0/4	Non important
Évitement d'émission lors de la fabrication de la mousse	0/6	Non important	Processus de déviation	4/4	Très important
Gestion de fuites de réfrigérant	6/6	Très important	Recirculation des mélanges	4/4	Très important
			Facteurs d'émission des agents de gonflement lors de l'enfouissement	4/4	Très important
			Autres différences mineures	0/4	Non important

Les nouvelles activités retenues sont celles comme étant considérées comme très importantes afin d'augmenter le potentiel de crédits compensatoires et sont les suivantes :

- HCFC et HFC utilisés comme réfrigérants dans la réfrigération d'origine résidentielle;
- HCFC et des HFC utilisés comme réfrigérants dans la réfrigération d'origine commerciale et industrielle;
- Climatisation mobile;
- HFC utilisés comme agents de gonflement dans la mousse isolante des appareils;
- Gestion des fuites de réfrigérants d'origine commerciale.

Les différences identifiées qui sont considérées comme très importantes pour augmenter la capacité ou faciliter la délivrance de crédits compensatoires sans nécessairement augmenter la capacité sont les suivantes :

- Processus de déviation;
- Recirculation des mélanges;
- Facteurs d'émission des agents de gonflement lors de l'enfouissement.

5 RECOMMANDATIONS

L'analyse a permis de déterminer l'importance des nouvelles activités et des différences identifiées pour augmenter la capacité et faciliter la délivrance de crédits compensatoires visant les halocarbures. Cette section présente donc les recommandations pour les activités et les différences retenues. Trois principaux moyens peuvent être employés :

- Ajouter au *Protocole 3* du SPEDE de nouvelles activités;
- Créer de nouveaux protocoles pour de nouvelles activités visant les halocarbures;
- Modifier certains mécanismes existants du *Protocole 3* du SPEDE.

5.1 Ajout dans le protocole existant des HCFC et HFC utilisés en réfrigération et climatisation résidentielle, commerciale et industrielle

Le protocole existant vise les SACO provenant des appareils de réfrigération, de congélation et de climatisation de source résidentielle, commerciale ou industrielle. Par conséquent, aucun HCFC ou HFC n'est admissible en tant que réfrigérant. Aujourd'hui, ces appareils fonctionnent majoritairement au HCFC et au HFC et il suffirait alors de les ajouter au *Protocole 3* en suivant les mêmes mécanismes de récupération et de destruction. Puisque ceux d'origine résidentielle ont obtenu la valeur maximale au chapitre 4.1.1, ils pourraient être insérés dans le *Protocole 3* en priorité en comparaison avec ceux d'origine commerciale et industrielle.

Afin d'effectuer les calculs de réductions d'émissions, les substances de remplacement suggérées pour calculer les facteurs d'émission des substituts sont présentées en fonction de leur utilisation dans le tableau 5.1. Le calcul des facteurs d'émission pourrait aussi se baser sur les substances à faible PRP présentées au tableau 3.4. Les calculs des facteurs d'émission des substituts demandent de connaître les taux d'utilisation de chacun, les taux de fuites pour chaque type d'utilisation ainsi que les quantités rechargées (CAR, 2012). Les taux de fuites présentés dans le protocole de l'ACR (2015a) pourraient être utilisés. Ces derniers sont présentés en annexe 7. Toutefois, pour les quantités rechargées, une étude en ce sens serait nécessaire afin de développer les facteurs d'émission des substances de remplacement recommandées.

Tableau 5.1 Résumé des substances de remplacement au HFC et au HCFC en fonction des utilisations
(inspiré de : PNUÉ, 2015, p. 1)

Utilisation	Substance utilisée aujourd’hui	Substance de remplacement
Réfrigération résidentielle	HFC-134a	Composés purs ou mélanges de propane, butane, isobutane et HFC-134a HC-600a
Réfrigération commerciale	HCFC-22	CO ₂
Réfrigération industrielle	Non disponible	Non disponible
Climatisation résidentielle	HCFC-22, HFC	HC-290 et HFO
Climatisation commerciale	HCFC-22, HFC	HC-290 et HFO

Comme mentionné au chapitre 3.1, le SPEDE exige qu’en plus d’être additionnelles, les réductions d’émissions doivent être permanentes, vérifiables et réelles. Puisque les HCFC et les HFC seraient détruits comme les autres SACO visées, les réductions seraient permanentes. En l’insérant dans le *Protocole 3*, les réductions suivraient le même processus de documentation et de calculs. Par conséquent, elles seraient vérifiables et réelles.

Il est estimé que les réserves potentielles sont de 37 millions de tCO₂ équivalent. Parmi eux, 12 millions de tCO₂ équivalent sont d’origine résidentielle et seraient incorporés en premier temps et 25 millions tCO₂ équivalent sont d’origine commerciale et industrielle et seraient inclus en un deuxième temps.

5.2 Création d’un nouveau protocole visant la climatisation mobile

La climatisation mobile, bien qu’il n’existe aucun protocole permettant d’obtenir des crédits compensatoires, possède la capacité d’augmenter la délivrance des crédits compensatoires. L’analyse ayant permis d’obtenir la valeur maximale, cette création de protocole devrait être effectuée en priorité. Une fois les halocarbures récupérés, ces derniers devraient être détruits afin de pouvoir reconnaître les réductions d’émissions. Aujourd’hui, le HFC-134 est principalement utilisé, alors que la substance de remplacement identifiée est le R-445a (PNUÉ, 2015). Cette substance de remplacement serait utile pour déterminer le facteur d’émission des substituts qui serait employé dans le calcul de réductions d’émission de GES. Pour confirmer l’hypothèse effectuée au niveau de l’applicabilité lors de l’analyse, il faudrait effectuer une étude qui évalue le coût en dollar par tCO₂ équivalent produite pour les climatiseurs mobiles. Une étude sur la récupération des halocarbures contenus dans les climatiseurs mobiles fournirait une confirmation sur l’hypothèse effectuée au niveau du critère de l’additionnalité.

Les valeurs québécoises sur l'efficacité de récupération des halocarbures, mais surtout leur récupération, certifieraient cette hypothèse.

Dans ce nouveau protocole, le scénario de référence représenterait la récupération des halocarbures contenus dans le système de climatisation, sans toutefois qu'elle soit faite en conformité avec la réglementation. Puisqu'il n'y a aucune infrastructure existante, il est fort possible que les halocarbures ne soient pas gérés adéquatement et finissent par fuir à l'atmosphère. Le scénario de projet consisterait alors à récupérer complètement les halocarbures à l'aide de la meilleure technologie disponible permettant l'aspiration complète des halocarbures du système et de les envoyer pour destruction.

Les émissions considérées dans le projet seraient les mêmes que celles pour les réfrigérants du SPEDE, soit celles du transport jusqu'à l'installation de destruction, celles lors de la destruction ainsi que celles des réfrigérants substituts. La gestion des données ainsi que les mécanismes de circulation, d'échantillonnage et de destruction seraient les mêmes que ceux du SPEDE. Le point d'origine des réfrigérants serait l'endroit de récupération des halocarbures, soit le garage ou le recycleur.

Pour être admissibles à des réductions d'émissions dans le cadre du SPEDE, les réductions d'émissions en plus d'être additionnelles, doivent être permanentes, vérifiables et réelles. Pour que les réductions d'émission de cette activité soient permanentes, les halocarbures récupérés des climatiseurs mobiles devraient être détruits. Les réductions suivraient le même processus de documentation et une méthodologie de calcul inspirée du *Protocole 3*. Par conséquent, elles seraient vérifiables et réelles. La création de ce protocole générerait 20 millions de tCO₂ équivalent selon la réserve potentielle en 2007.

5.3 Ajout dans le protocole existant des HFC utilisés comme agents de gonflement dans les mousses isolantes des appareils

Le protocole existant vise les SACO provenant des mousses isolantes des appareils de réfrigération. Par conséquent, les HFC ne sont pas admissibles en tant qu'agents de gonflement. Aujourd'hui, l'utilisation des HFC au lieu de HCFC est en croissance. Il suffirait alors de les ajouter au *Protocole 3* en suivant les mêmes mécanismes de récupération, de destruction et de gestion des données.

Afin d'effectuer les calculs de réductions d'émissions, les mêmes SPR et méthodologie de calculs que ceux présentés dans le *Protocole 3* s'appliqueraient.

Puisque les HFC seraient détruits comme les autres SACO visées, les réductions seraient permanentes. En l'insérant dans le *Protocole 3*, les réductions suivraient le même processus de collecte des appareils,

d'extraction des agents de gonflement, de documentation et de calculs. Par conséquent, elles seraient vérifiables et réelles. L'ajout de cette activité dans le *Protocole 3* se ferait en priorité puisqu'il a obtenu la note maximale et il génèrerait 1,15 million de tCO₂ équivalent selon la réserve potentielle.

5.4 Création d'un nouveau protocole pour la gestion des fuites des réfrigérants d'origine commerciale

Les supermarchés et les commerces de ce genre utilisent de grandes quantités de réfrigérants. Il a été démontré que de grandes quantités d'halocarbures utilisés peuvent fuir. Il y a une possibilité d'augmenter la capacité de délivrance de crédits compensatoires, en plus de favoriser une meilleure gestion des halocarbures et ainsi de favoriser la lutte contre les changements climatiques en mettant en place de saine pratique de gestion des fuites. La création de ce nouveau protocole devrait se faire en priorité, puisqu'elle a obtenu la valeur maximale. Les gains en réductions des émissions de GES pourraient être obtenus par la détection préventive en continu ou par la recharge avec des réfrigérants à bas PRP. Par conséquent, le nouveau protocole serait alors une combinaison des protocoles *Avoidance of HFC emissions in Standalone Commercial Refrigeration Cabinets* du CDM, *Emission Reduction Measurement and Monitoring Methodology for Use of Reclaimed HFC Refrigerants and Advanced Refrigeration Systems* du ACR et *Infrared Automatic Refrigerant Leak Detection Efficiency Project Methodology, v1.0* du VCS décrits aux chapitres 3.2, 3.3 et 3.4.

Le scénario de référence considèrerait alors les fuites des réfrigérants à haut PRP lors de son utilisation, alors que le scénario de projet viserait les émissions des réfrigérants à faible PRP ou encore mieux, à l'évitement de ces émissions. Les substances admissibles à faible PRP seraient celles présentées au tableau 3.4.

Pour être admissibles à des réductions d'émissions dans le cadre du SPEDE, les réductions d'émissions en plus d'être additionnelles, doivent être permanentes, vérifiables et réelles. Les réductions d'émission de cette activité seraient permanentes, puisqu'empêcher les fuites est irréversible. Les réductions suivraient le même processus de documentation inspiré du *Protocole 3* et une méthodologie de calculs bien définie inspirée des méthodologies précitées. Par conséquent, elles seraient vérifiables et réelles. La création de ce nouveau protocole devrait se faire en priorité puisqu'il a obtenu la note maximale et génèrerait entre 168 000 et 8 437 000 tCO₂ équivalent annuellement dans les meilleures années. Cette valeur irait en diminuant au fur et à mesure que les systèmes de détection de fuite seraient mis en place.

5.5 Autres recommandations concernant les agents de gonflement provenant de la mousse isolante des bâtiments

L'ajout des agents de gonflements utilisés dans la mousse isolante des bâtiments comme agent de gonflement a obtenu une importance moyenne. Par conséquent, il n'est pas retenu comme ajout dans le protocole existant ou pour la création d'un nouveau protocole. Le facteur économique démontre qu'à ce stade, les technologies existantes en matière de récupération ne seraient pas rentables. Toutefois, des innovations technologiques peuvent être faites en ce sens. Il faut se préparer à ajouter cette nouvelle activité, au fur et à mesure que leurs quantités disponibles permettraient de surpasser économiquement la récupération des halocarbures provenant d'autres sources. Certaines données de la Californie ont dû être utilisées afin de les rapporter au Québec. Afin de confirmer le potentiel évalué dans l'analyse et de connaître la réserve potentielle existante, il est recommandé de faire une étude concernant les proportions de mousse isolante envoyée en enfouissement au Québec ou au Canada annuellement ainsi qu'une étude sur les quantités de mousse présente dans les bâtiments.

5.6 Modification du protocole existant par l'ajout d'un processus de déviations

Afin d'intégrer le concept de déviation dans le *Protocole 3*, il suffirait de pouvoir y intégrer une section décrivant le processus de déviation. En effet, si certaines portions des exigences n'ont pu être rencontrées, un processus de déviation faciliterait la délivrance de crédits sans nécessairement augmenter le potentiel de délivrance.

Si les exigences en matière de pesée, de circulation, d'échantillonnage, d'analyse et de gestion des données associées à l'origine, l'efficacité d'extraction, la récupération et la destruction des halocarbures ne sont pas respectées, le promoteur devrait pouvoir soumettre d'autres éléments d'informations ou de preuves répondant indirectement aux exigences ou jugés comme similaires aux exigences. Ces preuves et le processus de déviation proposés par le promoteur seraient approuvés par le vérificateur conformément à la norme 14064-3 qui mentionne de conserver une approche conservatrice afin d'éviter de surestimer les réductions d'émissions.

5.7 Modification du protocole existant concernant la recirculation

Afin de faciliter la délivrance de crédits compensatoires sans augmenter leur potentiel de délivrance, la recirculation comme elle est actuellement présentée devrait être modifiée. Par conséquent, la section concernant la circulation du mélange dans le protocole devrait plutôt débuter avec les informations suivantes.

Si les halocarbures sont transportés dans un contenant jusqu'au site de destruction, l'échantillonnage effectué à l'intérieur de trois heures suivant leur arrivée est considéré comme étant suffisamment agité. Sinon, la circulation exige que deux fois le volume des halocarbures contenus dans le contenant soient circulés avant d'effectuer l'échantillonnage.

5.8 Modification du protocole existant concernant les facteurs d'émission des agents de gonflement

Les facteurs d'émission pour les agents de gonflement, afin d'augmenter le potentiel de délivrance des crédits compensatoires, devraient aussi être modifiés. Les facteurs d'émission des agents de gonflement enfouis qui sont utilisés le *Protocole 3* du SPEDE sont questionnés dans les notes de EOS Climate (2009, 2014). Par conséquent, afin d'augmenter le potentiel de délivrance de crédits compensatoires basé sur ces arguments scientifiques, la figure 7.2 présentée dans le *Protocole 3* du SPEDE devrait plutôt être remplacée par le tableau 5.2.

Tableau 5.2 Facteurs d'émission de chaque SACO contenue dans les mousses provenant d'appareils

Type de SACO	Facteurs d'émission pour les agents de gonflements contenus dans les mousses d'appareils électroménagers (%)
CFC-11	56
CFC-12	63
HCFC-22	81
HCFC-141b	58

Puisque les calculs de réductions des GES issues des agents de gonflement comportent différentes variables propres à chacun des projets, par exemple, le nombre d'appareils et leur dimension ainsi que les proportions des agents de gonflement récupérés, il est impossible d'estimer l'impact de l'augmentation de ce changement. Toutefois, puisque chaque facteur d'émission est augmenté, les réductions d'émissions seraient toutes augmentées.

CONCLUSION

L'actuel *Protocole 3* du SPEDE ne vise qu'une seule portion des halocarbures, en excluant certaines familles et en se limitant à quelques activités précises. Il cible seulement la destruction de SACO utilisées comme réfrigérant ou comme agent de gonflement dans les appareils de réfrigération et de climatisation. Toutefois, il y a plus d'halocarbures qui possèdent la capacité de délivrance de crédits compensatoires au Québec parce qu'ils sont de puissants GES.

Les halocarbures sont utilisés dans plusieurs équipements, que ce soit en réfrigération ou en climatisation et dans différentes sources résidentielles, commerciales et industrielles. Il a été démontré que leur taux de fuite varie en fonction de leur emploi. Les halocarbures sont contrôlés par différents règlements qui gèrent leur utilisation, leur fabrication, leur vente, leur importation, leur exportation, leur remplacement ainsi que leur destruction. Il existe une grande réserve en fonction de leurs différentes utilisations à travers le Canada. Par conséquent, ces réserves présentent un grand potentiel de réductions d'émissions de GES qui peuvent se transformer en crédits compensatoires.

Mis à part le *Protocole 3* du SPEDE visant les SACO au Québec, il existe un grand nombre de protocoles et de méthodologies ailleurs qu'au Québec qui couvre les halocarbures sur le marché volontaire ou réglementé. L'étude de ces derniers pose un regard sur les autres activités pouvant être admissibles à des réductions d'émissions transformables en crédits compensatoires. Cette étude fait ressortir l'identification de différences avec le protocole du SPEDE qui vise les mêmes types de SACO.

L'analyse multicritères a mis en lumière les nouvelles activités pour augmenter la capacité de délivrance de crédits compensatoires. En ce sens, l'ajout des HCFC et des HFC pour la réfrigération a été jugé comme suffisamment important pour modifier le *Protocole 3* du SPEDE. Ceux d'origine résidentielle doivent s'effectuer en priorité par rapport à ceux d'origine commerciale et industrielle. La récupération des halocarbures provenant des climatiseurs mobiles a été jugée comme très importante pour créer un nouveau protocole. Ce dernier doit être traité en priorité, mais il est tout de même recommandé d'effectuer une étude sur le coût de revient des tCO₂ équivalent obtenues ainsi que sur le processus de récupération des halocarbures dans les climatiseurs mobiles, afin de confirmer les hypothèses prises en compte dans l'analyse. Les HFC provenant de la mousse isolante des appareils sont aussi jugés comme étant très importants afin de les ajouter en priorité au *Protocole 3*. La gestion des fuites de réfrigérants d'origine commerciale a été jugée comme très importante. Il est recommandé de créer un protocole en priorité qui vise cette nouvelle activité. Ces ajouts et créations de protocoles accroissent la capacité de

délivrance de crédits compensatoires visant les halocarbures. Les trois premières activités visent une réserve potentielle de plus de 50 millions de tCO₂ équivalent basée sur les quantités potentielles de 2007. La dernière activité, soit la gestion de fuite, permet de générer jusqu'à un maximum de 8 millions de tCO₂ équivalent par année. Cette valeur diminuerait progressivement au fur et à mesure que les systèmes de détection de fuite seraient mis en fonction. Il est conseillé de faire une étude concernant les proportions de mousse isolante envoyée en enfouissement parmi les CRD au Québec ou au Canada annuellement ainsi qu'une étude sur les quantités de mousse présente dans les bâtiments afin de pouvoir mieux évaluer le potentiel de cette activité. Ces études permettront de confirmer les hypothèses faites lors de l'analyse et de se préparer à intégrer cette activité dans un protocole de réductions d'émissions au moment opportun.

L'analyse multicritères a fait ressortir les différences identifiées avec le protocole du SPEDE dont l'importance était suffisante afin de faciliter la délivrance de crédits compensatoires sans nécessairement accroître leur potentiel. Un processus de déviation vérifié et approuvé par le vérificateur, dont les preuves utilisées pour les réductions d'émissions conservatrices sont solides, est jugé comme étant très important pour simplifier la délivrance des crédits compensatoires. Il est donc conseillé d'ajouter un processus de déviation dans le protocole existant. Il est recommandé d'inclure dans le *Protocole 3* une méthode simplifiée de recirculation des mélanges afin de faciliter la délivrance de crédits compensatoires. Il est conseillé de modifier les valeurs de facteurs d'émission des agents de gonflement avec une approche plus réaliste qui augmenterait le potentiel de crédits compensatoires.

Les SACO dans le protocole existant ne sont pas suffisantes pour générer des réductions d'émissions au Québec. En intégrant plus d'activités visant d'autres halocarbures, ceci permettrait d'accroître la capacité de délivrance de crédits compensatoires disponibles pour les grands émetteurs québécois. Les 50 millions de tCO₂ équivalent en réserve, en plus des 8 millions de tCO₂ équivalent générés annuellement, aideraient les grands émetteurs à rencontrer leurs cibles de réductions d'émissions. Les modifications recommandées par les différences identifiées simplifieraient le processus de réclamation des crédits compensatoires pour les promoteurs. Ces actions s'inscrivent dans la saine gestion des halocarbures et dans la lutte contre les changements climatiques dans laquelle le Québec s'est engagé. Combinées aux autres démarches découlant du *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*, elles favoriseront l'atteinte des objectifs ambitieux du Québec en matière de réductions d'émissions de GES, tout en préservant et en améliorant la santé de la planète et de tous ses habitants. Le même processus pourrait être fait pour chacun des protocoles existants dans le SPEDE ou pour

d'autres activités qui génèrent de grandes quantités de GES afin d'augmenter le potentiel de délivrance des crédits compensatoires au Québec et les impacts bénéfiques dans la lutte contre les changements climatiques.

RÉFÉRENCES

- Air Liquide (2015). L'encyclopédie des gaz. In Air Liquide. *Encyclopédie des gaz. Chlorodifluorométhane (R22)*.
<http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?GasID=14&LanguageID=2&CountryID=19#GeneralData> (Page consultée le 29 novembre 2015).
- American Carbon Registry (ACR) (s.d.) Our Mission. In American Carbon Registry. *About us*.
<http://americancarbonregistry.org/about-us/mission> (Page consultée le 5 septembre 2015).
- American Carbon Registry (ACR) (2015a). Emission reduction measurement and monitoring methodology for use of reclaimed refrigerants and advanced refrigeration systems. In American Carbon Registry. *Home. Carbon Accounting. Standards & Methodologies*.
http://americancarbonregistry.org/carbon-accounting/standards-methodologies/use-of-reclaimed-hfc-refrigerants-and-advanced-refrigeration-systems/hfc_adv-refrigerant-methodology-public-comment-version.pdf (Page consultée le 19 juin 2015).
- American Carbon Registry (ACR) (2015b). Emission reduction measurement and monitoring methodology for the conversion of foam blowing agents from high-GWP materials to low-GWP materials. In American Carbon Registry. *Home. Carbon Accounting. Standards & Methodologies*.
<http://americancarbonregistry.org/carbon-accounting/standards-methodologies/conversion-of-foam-blowing-agents-from-high-gwp-to-low-gwp-materials/foam-blowing-agent-methodology-public-comment-version.pdf> (Page consultée le 19 juin 2015).
- Ashford, P. Et Kuijpers, L. (2010). Timing, Size and Cost of ODS Bank Management. Communication orale. *Workshop on ODS Bank Management (OEWG-30)*, 14 June 2010, Genève, Suisse.
- Association des recycleurs de pièces d'autos et de camions (ARPAC) (2007). La gestion des véhicules hors d'usage (VHU) au Québec. In ARPAC. *Documents*.
<http://arpac.org/fr/docs/Gestion%20des%20VHU%20ARPAC.pdf> (Page consultée le 11 octobre 2015).
- Blue Source Canada (s.d.) About Blue Source. In Blue Source Canada. *About Blue Source Value in Sustainability*. <http://www.bluesourcecan.com/About-Blue-Source> (Page consultée le 12 septembre 2015).
- Blue Source Canada (2014). Refrigerant Management Canada Ozone Depleting Substance Destruction Project. Greenhouse Gas Emissions Reduction. Offset Project Report. FINAL Report. In CSA Registries. *GHG Registries. Reductions. Registry listings. Refrigerant Management Canada Ozone-Depleting Substance Destruction Project. GHG Report (2013 - 2014)*.
http://www.csaregistries.ca/files/projects/R-AAA-0086_GHGReport_20131001_201409301.pdf (Page consultée le 14 août 2015).
- Caleb Management Services Limited (2011). Developing a California Inventory for Ozone Depleting Substances (ODS) and Hydrofluorocarbon (HFC) Foam Banks and Emissions from Foams. In California Environmental Protection Agency. Air Resources Board. *Reducing Air Pollution – ARB Programs. Climate Change. Economic Sectors Portal. Foam Recovery and Destruction Program*.
http://www.arb.ca.gov/cc/foam/Foam_GHG_Emissions_CARB_Final_March_2011.pdf (Page consultée le 15 août 2015).

- Californie. California Environmental Protection Agency – Air Resources Board (ARB) (2012). ARB Mission and Goals. *In* California Environmental Protection Agency. *About ARB. ARB Mission and Goals*. <http://www.arb.ca.gov/html/mission.htm> (Page consultée le 9 septembre 2015).
- Californie. California Environmental Protection Agency – Air Resources Board (ARB) (2014). Compliance Offset Protocol – Ozone Depleting Substances Projects. *In* California Environmental Protection Agency. *Compliance offset program*. <http://www.arb.ca.gov/regact/2014/capandtrade14/ctodsprotocol.pdf> (Page consultée le 18 mai 2015).
- Californie. California Environmental Protection Agency – Air Resources Board (ARB) (2015). HFC Emission Reduction Measures for Mobile Air Conditioning. *In* California Environmental Protection Agency. Air Resources Board. Reducing Air Pollution – ARB Programs. *Climate Change. Economic Sectors. HFC for MAC*. <http://www.arb.ca.gov/cc/hfc-mac/hfc-mac.htm> (Page consultée le 15 août 2015).
- Canada. Ressources naturelles Canada (2004). Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : perspective canadienne. *In* Gouvernement du Canada. *Sciences de la terre. Perspective*. http://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/perspective/pdf/report_f.pdf (Page consultée le 11 novembre 2015).
- Canada. Environnement Canada (2015). Règlement sur les substances appauvrissant la couche d’ozone et les halocarbures de remplacement. *In* Gouvernement du Canada. *Publications. Partie I : Avis et règlements projetés*. <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2015/2015-03-21/html/reg1-fra.php> (Page consultée le 17 octobre 2015).
- Canada. Industrie Canada (2015a). SCIAN 326140 Fabrication de produits en mousse de polystyrène. *In* Industrie Canada. *Accueil. Industries et entreprises. Industrie canadienne des plastiques. Statistiques*. <https://www.ic.gc.ca/eic/site/plastics-plastiques.nsf/fra/pl00291.html> (Page consultée le 22 octobre 2015).
- Canada. Industrie Canada (2015b). SCIAN 326150 Fabrication de produits en mousse d'uréthane et en d'autres mousses plastiques, sauf de polystyrène. *In* Industrie Canada. *Accueil. Industries et entreprises. Industrie canadienne des plastiques. Statistiques*. <https://www.ic.gc.ca/eic/site/plastics-plastiques.nsf/fra/pl01215.html> (Page consultée le 22 octobre 2015).
- Canada. Statistiques Canada, 2015. Les habitudes de dépenses au Canada – 2009 - Tableau 8-1 Équipement ménager à la date de l’interview, Canada, provinces et territoires, années récentes – Canada 1. *In* Gouvernement du Canada. *Les habitudes de dépenses au Canada. Tableaux. Tableau 8-1 Canada. Archivé Document PDF t006-fra.pdf*. <http://www.statcan.gc.ca/pub/62-202-x/2008000/t006-fra.pdf> (Page consultée le 10 octobre 2015).
- Canadian Standard Association (CSA) (2015). GHG Reductions Registry. *In* Groupe CSA. *GHG Registry*. http://www.csaregistries.ca/reductions/index_e_reduct.cfm (Page consultée le 12 septembre 2015).
- Cheminfo Services (2009). *Étude technique de base sur les substances appauvrissant la couche d’ozone et les halocarbures utilisés comme réfrigérants*, Rapport final préparé pour Environnement Canada, 15 p.

- Chicago Climate Exchange (CCX) (2012). Ozone Depleting Substance Destruction. Offset Project Protocol. *In Intercontinental Exchange, Inc. Publication. Chicago Climate Exchange. Protocol.*
https://www.theice.com/publicdocs/ccx/protocols/CCX_Protocol_ODS_Destruction.pdf (Page consultée le 26 juillet 2015).
- Chicago Climate Exchange (CCX) (2015). Offsets Registry. *In Intercontinental Exchange, Inc. Home.*
<https://www.theice.com/ccx> (Page consultée le 8 août 2015).
- Climate Action Reserve (CAR) (s.d.) About us. *In Climate Action Reserve. About us.*
<http://www.climateactionreserve.org/about-us/> (Page consultée le 10 septembre 2015).
- Climate Action Reserve (CAR) (2012). Ozone Depleting Substances Project Protocol. *In CAR. How. Protocol. Ozone depleting substance.* En ligne :
<http://www.climateactionreserve.org/how/protocols/ozone-depleting-substances/> (Page consultée le 18 mai 2015).
- Devotta, S., Waghmare, A.V., Sawant, N.N. et Domkundwar, B.M. (2001). Alternatives to HCFC-22 for air conditioners. *Applied thermal engineering*, vol. 21, n° 6, p. 703-715.
- Dumont, J. (2013). *Le marché du carbone du Québec (SPEDE) : Analyse et enjeux.* Essai de maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 144 p.
- ÉcoRessources (2013). Le marché du carbone : un avantage comparatif pour le Québec? *In Association des économistes Québécois pour des choix éclairés. Accueil. Programme. Programme Congrès antérieurs.* <http://economistesquebecois.com/files/documents/0j/a2/jean-nolet-march-du-carbone.pdf> (Page consultée le 6 juin 2015).
- EOS Climate (2009). EOS Public comments. *In Climate Action Reserve. Protocols. Ozone depleting substance. Version 1.0. Public comments. EOS Climate.*
<http://www.climateactionreserve.org/how/protocols/ozone-depleting-substances/dev/#version1.0> (Page consultée le 15 août 2015).
- EOS Climate (2014). Offset Protocol for ODS Projects. *In California Environmental Protection Agency. Cap and trade Program. Informal Public Comments. Public Workshop to Discuss Proposed Rice Cultivation Offset Protocol and Updates to Existing Offset Protocols. View comments.*
<http://www.arb.ca.gov/lists/com-attach/14-june-20-offsets-ws-AmdXPgNxVFgGYQh6.pdf> (Page consultée le 31 octobre 2015).
- États-Unis. United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2007). Reducing refrigerant emissions at service and vehicle end of life. *In US Environmental protection agency. Archive*
<http://web.archive.org/web/20150419020936/http://www.epa.gov/cppd/mac/Service%20Team%20Final%20Report.pdf> (Page consultée le 2 août 2015).
- États-Unis. United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2015). Transitioning to low-gwp alternatives in domestic refrigeration. *In EPA. Ozone.*
http://www3.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_DomRef.pdf (Page consultée le 18 octobre 2015).

- European commission – Directorate general environment (2003). Consultation paper how to considerably reduce greenhouse gas emissions due to mobile air conditioners. *In* European Commission. *Environment. Archives*.
http://ec.europa.eu/environment/archives/mac2003/pdf/consultation_paper.pdf (Page consultée le 1^{er} octobre 2015)
- Greenhouse Gas Protocol (2015). Global warming potential. *In* The Greenhouse Gas Protocol (2012). Global warming potential. *All tools. Global Warming Potentials Values*.
<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf> (Page consultée le 24 juillet 2015).
- Groupe de travail fédéral-provincial sur l'harmonisation des mesures antipollution (substances appauvrissant la couche d'ozone). (1992). *In* Conseil canadien des ministres de l'environnement. Plan d'action national pour la récupération, le recyclage et la régénération des chlorofluorocarbures (CFC). *Ressources. Air. Substances appauvrissant la couche d'ozone*.
http://www.ccme.ca/files/Ressources/fr_air/fr_ods/pn_1069_fr.pdf (Page consultée le 28 octobre 2015).
- Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) (1995). IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR). *In* Intergovernmental panel on climate change. *Publications and data. Working Group I Report. Working Group I: The Science of Climate Change Full Report (PDF)*. https://www.ipcc.ch/ipccreports/sar/wg_1/ipcc_sar_wg_1_full_report.pdf (Page consultée le 24 juillet 2015).
- Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) (2005). Préservation de la couche d'ozone et du système climatique planétaire. Questions relatives aux hydrofluorocarbures et aux hydrocarbures perfluorés. Résumé à l'intention des décideurs et Résumé technique. *In* Intergovernmental panel on climate change. *Publication and data. Résumé à l'intention des décideurs et Résumé technique*. https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc_spmts_fr.pdf (Page consultée le 28 octobre 2015).
- Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 Net Global Radiative Forcing, Global Warming Potentials and Patterns of Forcing. *In* Intergovernmental panel on climate change. *Publications and data. Working Group I Report "The Physical Science Basis". Technical summary. TS.2 Changes in Human and Natural Drivers of Climate. TS.2.5 Net Global Radiative Forcing, Global Warming Potentials and Patterns of Forcing*. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ts2s2-5.html (Page consultée le 24 juillet 2015).
- Harvey, D.L.D. (2007). Net climatic impact of solid foam insulation produced with halocarbon and non-halocarbon blowing agents. *Building and environment*, vol. 42, n° 8, p.2860-2879.
- Japan for Sustainability (2005). Fluorocarbons Recovery from Scrapped Cars Estimated at 23%. *In* Japan for sustainability. *News. Archives*. <http://www.japanfs.org/db/1023-e> (Page consultée le 1^{er} octobre 2015).
- Kjeldsen, P. (2008). What do C&D waste and end-of-life refrigerators have in common? *Waste management*, vol. 28, n° 11, p. 2031.

- Le grand dictionnaire (2012a). Halocarbure. *In* Gouvernement du Québec. *Fiche terminologique de l'Office québécois de la langue française*.
http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8426860 (Page consultée le 25 juillet 2015).
- Le grand dictionnaire (2012b). Halogène. *In* Gouvernement du Québec. *Fiche terminologique de l'Office québécois de la langue française*.
http://www.granddictionnaire.com/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=8482228 (Page consultée le 22 août 2015).
- Meterissian, A. (2014). Le Marché du carbone Québec – Californie : Le contexte mondial, son fonctionnement et ses implications. *In* Chaire de gestion du secteur de l'énergie. HEC Montréal. *Publications. Le Marché du carbone Québec – Californie : Le contexte mondial, son fonctionnement et ses implications. Téléchargez*. <http://energie.hec.ca/cgse-hec-re052014/> (Page consultée le 1^{er} novembre 2015).
- Noël de Tilly, R. et Béland-Plante, F. (2012). Québec Offset System. Communication orale. MDDEP *Climate Action Reserve Webinar*, 21 juin 2012, Webinaire.
- Programme canadien de gestion des réfrigérants (PCGR) (2010). RMC Annual report 2009. *In* Refrigerant Management Canada. *Media Centre. Annual Reports*.
<http://www.refrigerantmanagement.ca/userfiles/file/2009%20RMC%20Annual%20Report.pdf> (Page consultée le 4 août 2015).
- Programme canadien de gestion des réfrigérants (PCGR) (2012). RMC Annual report 2011. *In* Refrigerant Management Canada. *Media Centre. Annual Reports*.
<http://www.refrigerantmanagement.ca/userfiles/file/2011AnnualReport.pdf> (Page consultée le 4 août 2015).
- Programme canadien de gestion des réfrigérants (PCGR) (2015). Programme canadien de gestion des réfrigérants. *In* Programme canadien de gestion des réfrigérants. *Page d'accueil*.
<http://www.refrigerantmanagement.ca/fr/index.php> (Page consultée le 4 août 2015).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2005). Report of the technology and economics assessment panel may 2005 Progress Report. *In* Ozone Secretariat. *Assessment panels. TEAP. Assessment Reports 2005*.
http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/TEAP_Reports/teap_progress_report_May2005.pdf (Page consultée le 29 novembre 2015).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2008). The Kyoto Protocol, the Clean Development Mechanism and the Building and Construction Sector. *In* Ozone Secretariat. *Sustainable Buildings & Construction Initiative*.
<http://www.unep.org/sbci/pdfs/BuildingsandCDMreporte-version.pdf> (Page consultée le 29 novembre 2015).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2010). 2010 Rigid and flexible foams report. *In* Ozone Secretariat 2015. *Assesment panels. FTOC Assessment Report 2010*.
http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/FTOC/FTOC-2010-Assessment-Report.pdf (Page consultée le 8 novembre 2015).

- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2012). Manuel du protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. In Secrétariat de l'ozone. *Traités et décisions. Le protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Manuel du protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone.* <http://ozone.unep.org/fr/manuel-du-protocole-de-montr%C3%A9al-relatif-%C3%A0-des-substances-qui-appauvrissent-la-couche-d%E2%80%99ozone> (Page consultée le 22 août 2015).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2015). Montreal Protocol On Substances that Deplete the Ozone Layer Report of the UNEP Technology and Economic Assessment Panel. In Ozone Secretariat. Unep. *Assesment Panels. Technology and Economic Assesment Panel. TEAP September 2015 - Decision XXVI/9 Task Force Report - Additional Information on Alternatives to Ozone-Depleting Substances.* http://conf.montreal-protocol.org/meeting/mop/mop-27/presession/Background%20Documents%20are%20available%20in%20English%20only/TEAP_Task-Force-XXVI-9_Update-Report_September-2015.pdf (Page consultée le 17 octobre 2015).
- Québec. Gouvernement du Québec. (2012). Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques Phase 1 In Gouvernement du Québec. *Air – changements climatiques. Plans d'action sur les changements climatiques.* http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf (Page consultée le 12 mai 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2012a). Guide de bonnes pratiques pour la gestion des véhicules hors d'usage. In Gouvernement du Québec. *Matières résiduelles. Non dangereuses. Valorisation des matières résiduelles non dangereuses : réduction, réemploi, recyclage. Pneus/Automobiles.* http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/mat_res/vehicules/guide-bonnes-pratiques-VHU.pdf (Page consultée le 26 juin 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2012b). Bilan des ventes d'halocarbures et des reprises d'halocarbures usés au Québec de 2003 à 2009. In Gouvernement du Québec. *Problèmes atmosphériques. Les halocarbures – substances appauvrissant la couche d'ozone.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/halocarbures/bilan-ventes-halocarbures2003-2009.pdf> (Page consultée le 4 juillet 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2013). Bilan des ventes d'halocarbures et des reprises d'halocarbures usés de 2010 à 2012 au Québec In Gouvernement du Québec. *Problèmes atmosphériques. Les halocarbures – substances appauvrissant la couche d'ozone.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/halocarbures/bilan-ventes-halocarbures2010-2012.pdf> (Page consultée le 4 juillet 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2014). Bilan des ventes d'halocarbures et des reprises d'halocarbures usés en 2013 au Québec. In Gouvernement du Québec. *Problèmes atmosphériques. Les halocarbures – substances appauvrissant la couche d'ozone.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/halocarbures/bilan-2013.pdf> (Page consultée le 4 juillet 2015).

- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2015a). Cible de réduction d'émissions de gaz à effet de serre du Québec pour 2030. *In* Gouvernement du Québec. *Air – Changements climatiques. Changements climatiques. Consultation particulière sur l'établissement d'une cible d'émissions de gaz à effet de serre (GES) pour le Québec de l'ordre de 37,5 % par rapport au niveau de 1990 en 2030.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/consultations/cible2030/consultationPost2020.pdf> (Page consultée le 11 novembre 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015b). Les halocarbures. *In* Gouvernement du Québec. *Air – Changements climatiques. Problèmes atmosphériques. Halocarbures – substances appauvrissant la couche d'ozone.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/halocarbures/index.htm> (Page consultée le 24 mai 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015c). Le marché du carbone Western Climate Initiative. *In* Gouvernement du Québec. *Air – Changements climatiques. Problèmes atmosphériques. Halocarbures – substances appauvrissant la couche d'ozone.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/WCI.htm> (Page consultée le 5 septembre 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015d). Stratégie québécoise de gestion des substances appauvrissant la couche d'ozone et de leurs produits de remplacement (suite). *In* Gouvernement du Québec. *Marché du carbone. WCI.* http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/saco_strategie/partie2.htm#halocarbures (Page consultée le 24 mai 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015e). Projet de règlement modifiant le règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre - Consultation publique du 23 juin au 21 août 2015. *In* Gouvernement du Québec. *Air – Changements climatiques. Marché du carbone. Consultation publique.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/consultation/spede/consultation-juin2015.htm> (Page consultée le 25 juin 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015f). Marché du carbone. Registre des projets de crédits compensatoires. *In* Gouvernement du Québec. *Air – Changements climatiques. Marché du carbone. Crédits compensatoires. Registre des crédits compensatoires.* http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/credits-compensatoires/registre_creditscompensatoires.htm (Page consultée le 27 juillet 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015g). Données d'élimination des matières résiduelles au Québec. *In* Gouvernement du Québec. *Matières résiduelles. Données d'élimination.* <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/donnees-elimination.htm> (Page consultée le 26 juillet 2015).

- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015h). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2012 et leur évolution depuis 1990. *In* Gouvernement du Québec. *Gaz à effet de serre. Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2012/inventaire-1990-2012.pdf> (Page consultée le 26 juillet).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015i). Les halocarbures. Le règlement en bref. *In* Gouvernement du Québec. *Air – Changements climatiques. Problèmes atmosphériques. Halocarbures – substances appauvrissant la couche d'ozone. Le règlement en bref*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/air/halocarbures/enbref.htm> (Page consultée le 24 juin 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015j). Le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec. Foire aux questions. *In* Gouvernement du Québec. *Air et changements climatiques. Marché du carbone. Foire aux questions*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/documents-spede/questions-reponses.pdf> (Page consultée le 12 septembre 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015k). Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec et programme de plafonnement et d'échange de la Californie Vente aux enchères conjointe no 5 de novembre 2015 Rapport sommaire des résultats Publié le 24 novembre 2015. *In* Gouvernement du Québec. *Air et changements climatiques. Marché du carbone. Avis et résultats des ventes aux enchères antérieures. Résultats*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/ventes-encheres/2015-11-24/Vente-Encheres-5-Sommaire-resultats.pdf> (Page consultée le 24 décembre 2015).
- Québec. Ministère des Finances et de l'Économie (2013). Marché du Carbone – Volet avancé. Communication orale. *Formation sur les Systèmes de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPEDE) de gaz à effet de serre et les implications au Québec*. 13-14 juin 2013. Montréal.
- Radio-Canada (2015). Le marché du carbone, c'est quoi au juste?. *In* Radio-Canada. *Nouvelles. Environnement. 2015*. <http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2015/04/17/001-marche-carbone-californie-quebec-ontario-fonctionnement.shtml> (Page consultée le 1^{er} novembre 2015).
- Recyclage ÉcoSolutions (2014). Centre de gestion intégrée des halocarbures à Bécancour (Dossier : 3211-22-015) Étude d'impact sur l'environnement Déposée au ministre de Développement durable, de la Faune, de l'Environnement et des Parcs Rapport principal et annexes. *In* Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. *Mandats. Mandats terminés classés par thèmes. Projets industriels. Projet d'aménagement d'un centre de gestion intégrée d'halocarbures à Bécancour*. http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/halocarbures_becancour/documents/PR3.1%20Rapport%20principal.pdf (Page consultée le 29 juin 2015).

- Recyclage ÉcoSolutions (2015). Premier rapport de projet de crédits compensatoires visant la destruction de substances appauvrissant la couche d'ozone contenues dans des mousses isolantes ou utilisées en tant que réfrigérant provenant d'appareils de réfrigération, de congélation ou de climatisation – Protocole 3. In Gouvernement du Québec. *Air et changements climatiques. Marché du carbone. Crédits compensatoires. Registre des crédits compensatoires. Rapport de projet*. http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/credits-compensatoires/rapports/SACO001-Rapport_projet.pdf (Page consultée le 10 octobre 2015).
- Recyc-Québec (2010). Profils régionaux de la gestion des débris de construction, de rénovation et de démolition au Québec. In Gouvernement du Québec. *Centre de documentation. Construction/Rénovation/Déconstruction (CRD)*. <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/publications/mici/Profil-crd.pdf> (Page consultée le 2 août 2015).
- Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE)*. 2012, Q-2, r. 15.1
- Règlement fédéral sur les halocarbures (2003)*. DORS/2003-289. (Gaz. Can. II).
- Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises*. 2011, Q-2, r40.1.
- Règlement sur les halocarbures*. 2004, Q-2, r.29.
- Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone (1998)*. SOR/99-7. (Gaz. Can. II)
- Réseau Environnement (2014). Le système de plafonnement et d'échange de droits d'émissions (SPEDE) et le Règlement sur la déclaration obligatoire de certaines émissions de contaminants dans l'atmosphère (RDOCECA). In Réseau Environnement. *Publications. Mémoire de Réseau Environnement*. Mémoire sur le SPEDE et le RDOCECA. http://www.reseau-environnement.com/UControl/scripts/kcfinder/upload/files/M%C3%A9moireRE_M%C3%A9moire%20sur%20le%20SPEDE%20et%20le%20RDOCECA_20140609.pdf (Page consultée le 3 août 2015).
- Ross, A. (2012). Une importante source de gaz à effet de serre Les appareils de réfrigération et climatisation domestique en fin de vie. *Vecteur Environnement*, vol. 45, n° 5, p. 68-71.
- Scheutz, C., Fredenslund, A.M., Tant, M. et Kjeldsen, P. (2007a) Release of fluorocarbons from insulation foam in home appliances during shredding. *Journal of Air and Waste Manage*, vol. 57, no 12, p.1452–1460.
- Scheutz, C. Dte, Y., Fredenslund, A., Mosbaek, H. et Kjeldsen, P. (2007b). Attenuation of fluorocarbons released from foam insulation in landfills. *Environmental Science & Technology*, vol. 41, n° 22, p.7714-7722.
- Staudinger, J. et Keoleian, G.A., (2001). Management of end-of-life-vehicles (ELVS) in the US. In Center for sustainable system. School of Natural Resources & Environment. University of Michigan. *Research. Projects*. http://css.snre.umich.edu/css_doc/CSS01-01.pdf (Page consultée le 1^{er} octobre 2015).
- Stover, C. et Wimberger, E. (2010). Emissions of HFC-134a in Auto Dismantling and Recycling. In ARB. ARB. *HFC Emission Reduction Measures for Mobile Air Conditioning – References*. <http://www.arb.ca.gov/cc/hfc-mac/mvac->

dismant/references/ELV_HFC134a_FinalReport_ARB_06-334_20100716.pdf (Page consultée le 26 juillet 2015).

Tomczyk, J. (2014). The Professor's Lesson on HFO, HC Refrigerants. Next-gen Fluids Each Offer Unique Traits, Characteristics. *In The News. Home. Refrigeration. Refrigerants & Reclaim.* <http://www.achrnews.com/articles/128201-the-professors-lesson-on-hfo-hc-refrigerants> (Page consultée le 18 octobre 2015).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2009a). Avoidance of HFC emissions in Poly Urethane Foam (PUF) manufacturing. *In UNFCCC. Home. Approved small scale methodologies.* https://cdm.unfccc.int/filestorage/B/N/2/BN2QD6HAJ901E4XSCG8IR53FPWVLUZ/EB46_repan23_AMS-III.N_ver03.pdf?t=YW58bnFucTUyfDBAld9GXuz53iiCJcp3d3H9 (Page consultée le 18 mai 2015).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2009b). Avoidance of HFC emissions in Standalone Commercial Refrigeration Cabinets. *In UNFCCC. Home. Approved small scale methodologies.* https://cdm.unfccc.int/filestorage/C/D/M/CDM_AMSO0NWE4AYM02CXBESTZNGIPAPBJP8CR/EB47_repan18_AMS-III.AB_ver01_SSC-NM016.pdf?t=RDR8bnFucXFyfDCYq3wxW6hq5-zQRWlRti7Q (Page consultée le 18 mai 2015).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2010). Energy Efficiency and HFC-134a Recovery in Residential Refrigerators. *In UNFCCC. Home. Approved small scale methodologies.* https://cdm.unfccc.int/filestorage/R/4/0/R40U3DZWGVSKFJTYCAHM261OB8X57L/EB56_repan19_AMS-III.X_ver02.pdf?t=TEV8bnFucW91fDDs3DCDeaJmvXfK5yJp_a-5 (Page consultée le 18 mai 2015).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2014). Le Mécanisme de développement propre. *In UNFCCC. Accueil. Historique.* http://unfccc.int/portal_francoophone/essential_background/feeling_the_heat/items/3297.php (Page consultée le 12 mai 2015).

Velders, G. Fahey, D. Daniel, J., MacFarland, M. Et Andersen, S. (2009). The large contribution of projected HFC emissions to future climate forcing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 106, n° 27, p. 10949-10954.

Verified Carbon Standard (VCS) (2010a). VM0001 Infrared Automatic Refrigerant Leak Detection Efficiency Project Methodology v1.0. *In Verified Carbon Standard. Methodologies. Find a methodology. Industrial processing.* http://www.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/VM0001-Infrared-Automatic-Refrigerant-Leak-Detection-Efficiency-Project-Methodology_v1-0.pdf (Page consultée le 18 juin 2015).

Verified Carbon Standard (VCS) (2010b). VM0016 Recovery and Destruction of Ozone-Depleting Substances (ODS) from Products v1.0. *In Verified Carbon Standard. Methodologies. Find a methodology. Industrial processing.* <http://www.v-c-s.org/methodologies/recovery-and-destruction-ozone-depleting-substances-ods-products-v10> (Page consultée le 20 juin 2015).

Verified Carbon Standard (VCS) (2015). Who we are. *In* Verified Carbon Standard. *Who we are*.
<http://www.v-c-s.org/who-we-are> (Page consultée le 20 juin 2015).

Wongwises, S. et Chimres, N. (2005). Experimental study of hydrocarbon mixtures to replace HFC-134a in a domestic refrigerator. *Energy conversion and management*, vol. 46, n° 1, p.85-100.

BIBLIOGRAPHIE

- Allô Prof (2013). La loi des pressions partielles (loi de Dalton). In Allô Prof. *Chimie. Les gaz. Les propriétés physiques des gaz*. [http://bv.alloprof.qc.ca/chimie/les-gaz/les-proprietes-physiques-des-gaz/la-loi-des-pressions-partielles-\(loi-de-dalton\).aspx](http://bv.alloprof.qc.ca/chimie/les-gaz/les-proprietes-physiques-des-gaz/la-loi-des-pressions-partielles-(loi-de-dalton).aspx) (Page consultée le 26 septembre 2015).
- Allô Prof (2013). La loi des gaz parfait. In Allô Prof. *Chimie. Les gaz. Les propriétés physiques des gaz*. <http://bv.alloprof.qc.ca/chimie/les-gaz/les-proprietes-physiques-des-gaz/la-loi-des-gaz-parfaits.aspx> (Page consultée le 26 septembre 2015).
- Biothermica (2015). Biothermica : Première vente de crédits de carbone par une firme québécoise sur le marché Québec-Californie. In Biothermica. *Nouvelles*. http://www.biothermica.com/sites/biothermica.com/files/Communique%2017%20mars%2015_Premi%C3%A8re%20vente%20de%20cr%C3%A9dits%20de%20carbone_%20Biothermica.pdf (Page consultée le 15 août 2015).
- Californie. California Environmental Protection Agency – Air Resources Board (ARB) (2014). Foam Recovery and Destruction Program. In California Environmental Protection Agency. Air Resources Board. *Reducing Air Pollution – ARB Programs. Climate Change. Economic Sectors Portal. Foam Recovery and Destruction Program*. <http://www.arb.ca.gov/cc/foam/foam.htm> (Page consultée le 15 août 2015).
- Canada. Ressources naturelles (2013). Étude comparative de systèmes de réfrigération pour les arénas. In Gouvernement du Canada. *Énergie. Efficacité. Bâtiment*. http://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/energy/pdf/comparative-study-arenas_FR.pdf (Page consultée le 10 octobre 2015).
- Centre universitaire de formation en environnement et de développement durable (2014). *Protocole de présentation des travaux écrits*. Université de Sherbrooke, 47 p.
- États-Unis. United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2012). Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions: 1990-2030. In US EPA. *Climate Change. What EPA is Doing. Economics. Non-CO₂ Greenhouse Gases: International Emissions and Projection*. http://www3.epa.gov/climatechange/Downloads/EPAactivities/EPA_Global_NonCO2_Projections_Dec2012.pdf (Page consultée le 14 novembre 2015).
- Groupe de travail fédéral-provincial sur les substances appauvrissant la couche d’ozone et de leurs halocarbures de remplacement (2001). Plan d’action national pour le contrôle environnemental des substances appauvrissant la couche d’ozone (SACO) et de leurs halocarbures de remplacement. In Conseil canadien des ministres de l’environnement. *Ressources. Air. Substances appauvrissant la couche d’ozone*. http://www.ccme.ca/files/Ressources/fr_air/fr_ods/nap_update_f.pdf (Page consultée le 26 juin 2015).
- Groupe intergouvernemental d’experts sur l’évolution du climat (GIEC) (s.d.) Réfrigération. In Intergovernmental Panel on Climate Change. *Special reports*. <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc04.pdf> (Page consultée le 14 novembre 2015).

- ICF Consulting Canada, Inc (2014). Refrigerant Management Canada Ozone Depleting Substance Destruction Project. Verification Report. *In CSA Registries. GHG Registries. Reductions. Registry listings. Refrigerant Management Canada Ozone-Depleting Substance Destruction Project. Verification Report (2013 - 2014)*. http://www.csaregistries.ca/files/projects/R-AAA-0086_VerificationReport_20131001_20140930.pdf (Page consultée le 14 août 2015).
- Kim, K.-H., Shon, Z.-H., Nguyen, H.T. et Jeon, E.-C. (2011). A review of major chlorofluorocarbons and their halocarbon alternatives. *Atmospheric environment*, vol. 45, n° 7, p.1369-1382.
- Kjeldsen, P. et Jensen, M.H. (2001). Release of CFC-11 from Disposal of polyurethane from waste. *Environmental Science & Technology*, vol. 35, n° 14, p.3055-3063.
- Lecomte, C. (2010). À quand des alternatives aux agents de gonflement nocifs pour le climat dans les mousses isolantes? *In Écohabitation. Actualité. Nouvelles. Santé entretien et qualité de l'air*. <http://www.ecohabitation.com/actualite/nouvelles/alternatives-aux-agents-gonflement-nocifs-climat-mousses-isolantes> (Page consultée le 26 juillet 2015).
- Pacific Gas and Electric Company (2011). Supermarket Refrigeration Codes and Standards Enhancement Initiative. In California Air Resources Board. <http://www.arb.ca.gov/cc/commref/Supermarket%202013%20NR15%20CASE%20Report%20draft%2017Mar11.pdf> (Page consultée le 10 octobre 2015).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (2009). Buildings and Climate Change Summary for Decision-Makers. *In Ozone Secretariat. Sustainable buildings & climate initiative*. <http://www.unep.org/sbci/pdfs/SBCI-BCCSummary.pdf> (Page consultée le 22 novembre 2015).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2010). 2010 Assessment report of the technology and economic assessment panel. *In Ozone Secretariat 2015. Assessment panels. TEAP. Assessment Reports 2010*. http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/TEAP_Reports/TEAP-Assessment-report-2010.pdf (Page consultée le 22 novembre 2014).
- Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) (2014). Report of the rigid and flexible foams technical options committee 2014 assesment report. *In Ozone Secretariat. Assesment panels. FTOC Assessment Report 2014*. http://ozone.unep.org/en/Assessment_Panels/TEAP/Reports/FTOC/FTOC-2014-Assessment-Report.pdf (Page consultée le 17 octobre 2015).
- Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2015). Communiqué de presse. Réussite de l'entreprise Biothermica : Le ministre Heurtel souligne la première vente de crédits compensatoires de carbone. *In Gouvernement du Québec. Le Ministère. Communiqué de presse. Nationaux. Mars 2015*. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Infuseur/communiquie.asp?no=3119> (Page consultée le 27 juillet 2015).

- RAL (2007). Rückproduktion von Kühlgeräten Quality Assurance and Test Specifications for the Demanufacture of Refrigeration Equipment Gütesicherung RAL-GZ 728. *In* Rückproduktion von Kühlgeräten. *Rueckproduktion_von_Kuehlgeraeten_RAL-GZ_728*. http://ral-online.org/pdf/Rueckproduktion_von_Kuehlgeraeten_RAL-GZ_728_Ausgabe_09-07.pdf (Page consultée le 29 novembre 2015).
- Recyc-Québec (2009). Profil de la gestion des débris de construction, rénovation et démolition (CRD) au Québec. *In* Gouvernement du Québec. *Centre de documentation. Construction/Rénovation/Déconstruction (CRD)*. <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/MICI/Rapport-CRD-09.pdf> (Page consultée le 2 août 2015).
- Scheutz, C., Fredsenslund, A., Nedenskov, J. et Kjeldsen, P. (2010). Release and fate of fluorocarbons in a shredder residue landfill cell: 1. Laboratory experiments. *Waste management*, vol 30, n° 11, p. 2153-2162.
- Scheutz, C., Fredsenslund, A., Nedenskov, J. et Kjeldsen, P. (2010). Release and fate of fluorocarbons in a shredder residue landfill cell: 2. Field investigations. *Waste management*, vol 30, n° 11, p. 2163-2169.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (2014). Le protocole de Kyoto, un résumé. *In* UNFCCC. *Accueil. Historique*. http://unfccc.int/portal_francophone/essential_background/feeling_the_heat/items/3294.php (Page consultée le 26 septembre 2015).
- Université de Montréal (2014). Déterminer la fiabilité de l'information. *In* Université de Montréal. *Guides. Disciplines. Autres documents*. <http://guides.bib.umontreal.ca/disciplines/74-Determiner-la-fiabilite-de-l-information?tab=306> (Page consultée le 26 mai 2015).
- Université de Montréal (2014). Déterminer la fiabilité de l'information. *In* Université de Montréal. *Guides. Disciplines. Ressources Web*. <http://guides.bib.umontreal.ca/disciplines/74-Determiner-la-fiabilite-de-l-information?tab=276> (Page consultée le 26 mai 2015).

ANNEXE 1 – FACTEURS D'ÉMISSION RÉVISÉS POUR LES AGENTS DE GONFLEMENT (tiré de : EOS Climate, 2014)

Tableau A.1 Facteurs d'émission révisés

Agent de gonflement	Facteur d'émission 10 ans pour les appareils	Facteurs d'émission 10 ans pour les bâtiments
CFC-11	56 %	38 %
CFC-12	63 %	47 %
HCFC-22	81 %	72 %
HCFC-141b	58 %	41 %

ANNEXE 2 – DONNÉES D'ÉLIMINATION DES DÉCHETS DE CRD AU QUÉBEC EN 2013 (tiré de : MDDELCC, 2015h)

Tableau A.2 Données d'élimination des débris de CRD au Québec en 2013

MRC, territoire équivalent et CMM	Élimination totale (t)
Région 1	
La Matapédia	31
La Matanie	0
La Mitis	0
Rimouski Neigette	9 251
Les Basques	357
Rivière-du-Loup	607
Témiscouata	609
Kamouraska	177
Région 2	
Le Domaine-du-Roy	4 503
Maria-Chapdelaine	220
Lac-Saint-Jean-Est	3 800
Saguenay	21 658
Le Fjord du Saguenay	246
Région 3	
Charlevoix-Est	1 092
Charlevoix	0
L'île-d'Orléans	0
La Côte-de-Beaupré	2 336
La Jacques-Cartier	463
Québec	26 578
Communauté métropolitaine de Québec (Rive-Nord)	29376
Portneuf	5 006
Région 4	
Mékinac	200
Shawinigan	4 472
Trois-Rivières	17 326
Les Chenaux	592
Maskinongé	4 041
La Tuque	523
Région 5	
Les Sources	829
Le Haut-St-François	3 962
Le Val St-François	1817

Tableau A.2 Données d'élimination des débris de CRD au Québec en 2013

MRC, territoire équivalent et CMM	Élimination totale (t)
Sherbrooke	30 028
Coaticook	1 735
Memphrémagog	5 472
Le Granit	3 532
Région 6	
CMM	180 867
Montréal	365 231
Région 7	
Papineau	2 949
Gatineau	31 337
Les Collines-de-l'Outaouais	0
La Vallée-de-la Gatineau	1 526
Pontiac	0
Région 8	
Témiscamingue	632
Rouyn-Noranda	327
Abitibi-Ouest	3 462
Abitibi	1 677
La Vallée-de-l'Or	4 126
Région 9	
La Haute-Côte-Nord	452
Manicouagan	56
Sept-Rivières	14 783
Caniapiscau	0
Le Golfe-du-Saint-Laurent	0
Minganie	257
Région 10	
Chibougamau	512
Région 11	
Iles-de-la-Madeleine	0
Le Rocher-Percé	5 756
La Côte-de-Gaspé	3 492
La Haute-Gaspésie	0
Bonaventure	4 070
Avignon	1 360
Région 12	
L'Islet	93
Montmagny	162
Bellechasse	2 546

Tableau A.2 Données d'élimination des débris de CRD au Québec en 2013

MRC, territoire équivalent et CMM	Élimination totale (t)
Lévis	821
La Nouvelle-Beauce	151
Robert-Cliche	6 285
Les Etchemins	704
Beauce-Sartigan	1 381
Les Appalaches	8 091
Lotbinière	919
Région 13	
Laval	54 347
Région 14	
D'Autray	1 441
L'Assomption	9 501
Joliette	2 897
Matawinie	16973
Montcalm	3 425
Les Moulins	11 968
Région 15	
Deux-Montagnes	5 596
Thérèse-de Blainville	10 820
Mirabel	4 337
La Rivière-du-Nord	19 420
Argenteuil	4 570
Les Pays-d'en-Haut	3 985
Les Laurentides	1 099
Antoine-Labelle	5 753
Région 16	
Brome-Missisquoi	13 412
La Haute-Yamaska	6 591
Acton	444
Pierre-de-Saurel	570
Les Maskoutains	8 107
Rouville	3 284
Le Haut-Richelieu	2 048
La Vallée-du-Richelieu	17 988
Longueuil	10 567
Marguerite d'Youville	1 024
Roussillon	47 115
Les Jardins-de-Napierville	250
Le Haut-Saint-Laurent	386

Tableau A.2 Données d'élimination des débris de CRD au Québec en 2013

MRC, territoire équivalent et CMM	Élimination totale (t)
Beauharnois-Salaberry	5 578
Vaudreuil-Soulanges	13 110
Région 17	
L'Érable	869
Bécancour	1 081
Arthabaska	5 092
Drummond	11 114
Nicolet-Yamaska	1 274
Somme	1 130 900

ANNEXE 3 – BILAN DE VENTE ET DE REPRISE DES HALOCARBURES (compilation d'après : Québec. MDDEFP, 2012b, p. 31; Québec. MDDEFP, 2013, p. 12 et Québec. MDDELCC, 2014, p. 5)

Tableau A.3 Ventes et reprises d'halocarbures au Québec

		CFC	HCFC	HFC	Familles 400 et 500	PFC	Halon	Mélanges (retour)	Autres	Total
2003	Vente (t)	3,19	2683,95	278,87	579,12	0	0	0	0	3545,13
	Reprise (t)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
2004	Vente (t)	2,74	2277,44	471,14	514,39	0	0	0	0	3265,71
	Reprise (t)	0	0	0	0	0	0	2,065	0	2,07
2005	Vente (t)	3,29	2299,32	540,25	568,54	0	0	0	0	3411,40
	Reprise (t)	0	0	0	0	0	0,7738	6,726	0	7,50
2006	Vente (t)	0,59	1252,89	366,7	314,97	0	0	0	0	1935,15
	Reprise (t)	0	0	0	0	0	0	2,9727	0	2,97
2007	Vente (t)	3,73	1473,74	492,67	519,39	0	0	0	0	2489,53
	Reprise (t)	0	0	0	0	0	14,3663	4,366	0	18,73
2008	Vente (t)	10,22	1245,14	214,96	656,68	0	0	0	0	2127,00
	Reprise (t)	0	0	0	0	0	3,9275	3,2087	0	7,14
2009	Vente (t)	0	752,97	219,2	592,97	0	0	0	0	1565,14
	Reprise (t)	1,989	3,0701	0,2064	0,0418	0	2,8531	43,1684	0	51,33
2010	Vente (t)	0,58	608,82	247,67	411,4	0	0,58	0	0	1269,05
	Reprise (t)	9,19022	16,1191	16,5304	1,6167	0	9,19022	38,9608	0	91,61
2011	Vente (t)	0	579,35	273,13	436,27	0	0	0	2,05	1290,80
	Reprise (t)	4,4787	21,222	25,4505	3,0326	0	0,4865	59,5567	0	114,23
2012	Vente (t)	0	479,13	276,97	493,5	2,43	0	0	2,23	1254,26
	Reprise (t)	2,3795	22,4976	31,30312	6,0901	0	0,80699	38,0963	0	101,17
2013	Vente (t)	0	471,88	255,44	554,46	3,7	0	0	3,817	1289,297
	Reprise (t)	6,1766	9,3939	26,7168	2,9792	0	0	44,3201	0	89,59

À titre explicatif, les familles 400 et 500, qui sont des mélanges d'halocarbures, ont des propriétés thermodynamiques similaires ou supérieures, en plus de permettre d'être plus performants et donc d'être utilisés en plus faibles quantités dans les équipements de réfrigération et de climatisation

(Québec. MDDEFP, 2012b). Ils peuvent être constitués de HCFC, HFC et de HC en plus faible portion. Ces derniers peuvent être du propane, du butane ou de l'isobutane. Certains mélanges de la famille 500 existent depuis plus longtemps et ne peuvent plus être utilisés puisqu'ils contiennent des CFC.

ANNEXE 4 – CALCULS DE RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS DE GES DU SPEDE (tiré de : SPEDE, *Protocole 3*, section 7)

Équation 1

$$RE_T = RE_M + RE_R$$

Où:

RE_T = Réductions des émissions de GES totales attribuables au projet pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

RE_M = Réductions des émissions de GES totales attribuables au projet de destruction des SACO contenues dans les mousses pendant la période de rapport de projet, calculées selon l'équation 2, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

RE_R = Réductions des émissions de GES totales attribuables au projet de destruction des SACO utilisées en tant que réfrigérant pendant la période de rapport de projet, calculées selon l'équation 6.2, en tonnes métriques en équivalent CO₂.

Équation 2

$$RE_M = ER_M - EP_M$$

Où:

RE_M = Réductions des émissions de GES totales attribuables au projet de destruction des SACO contenues dans les mousses pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

ER_M = Émissions du scénario de référence attribuables à la destruction des SACO contenues dans les mousses pendant la période de rapport de projet, calculées selon l'équation 3, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

EP_M = Émissions de GES dans le cadre de la réalisation du projet de destruction des SACO contenues dans les mousses pendant la période de rapport de projet, calculées selon l'équation 5, en tonnes métriques en équivalent CO₂.

Équation 3

$$\dot{E}R_M = \sum_{i=1}^n [AG_{m,i} \times FE_{M,i} \times PRP_i]$$

$\dot{E}R_M$ = Émissions du scénario de référence attribuables à la destruction des SACO contenues dans les mousses pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

i = Type de SACO;

n = Nombre de types de SACO;

$AG_{init,i}$ = Quantité initiale de SACO de type i contenues dans les mousses avant leur retrait des appareils, calculée selon l'équation 4, en tonnes métriques de SACO de type i ;

$FE_{M,i}$ = Facteur d'émission de GES de la SACO de type i contenue dans les mousses, indiqué au tableau prévu à la figure 7.2;

PRP_i = Potentiel de réchauffement planétaire de la SACO de type i indiqué au tableau prévu à la figure 7.1, en tonnes métriques en équivalent CO₂ par tonne métrique de SACO de type i ;

Équation 4

$$AG_{m,i} = AG_{final,i} \left(AG_{final,i} \times \left(\frac{1-EE}{EE} \right) \right)$$

Où:

$AG_{init,i}$ = Quantité initiale de SACO de type i contenues dans les mousses avant leur retrait des appareils, en tonnes métriques de SACO de type i ;

$AG_{final,i}$ = Quantité totale de SACO de type i extraites et expédiées en vue d'être détruites, déterminée conformément à la section 9, en tonnes métriques de SACO de type i ;

EE = Efficacité d'extraction associée au procédé d'extraction de SACO, calculée conformément à la méthode prévue à la Partie II;

i = Type de SACO.

Équation 5

$$\dot{E}P_M = AG_{pr} + (Tr + DEST)_M$$

Où:

$\dot{E}P_M$ = Émissions de GES dans le cadre de la réalisation du projet de destruction des SACO contenues dans les mousses pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

AG_{pr} = Quantité totale de SACO contenues dans les mousses qui sont émises pendant l'extraction, calculée selon l'équation 6, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

$(Tr + DEST)_M$ = Émissions de GES attribuables au transport et à la destruction de SACO contenues dans les mousses, calculées selon l'équation 6.1, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

Équation 6

$$AG_{pr} = \sum_i [AG_{init,i} \times (1 - EE_M) \times PRP_i]$$

Où:

AG_{pr} = Émissions totales attribuables à l'extraction de SACO contenues dans les mousses provenant d'appareils, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

i = Type de SACO;

n = Nombre de types de SACO;

$AG_{init,i}$ = Quantité totale de SACO de type i contenue dans les mousses provenant d'appareils avant l'extraction, calculée selon l'équation 4, en tonnes métriques de SACO de type i ;

EE_M = Efficacité d'extraction associée au procédé d'extraction des SACO contenues dans les mousses, déterminée pour le projet selon la méthode prévue à la Partie II;

PRP_i = Potentiel de réchauffement planétaire de la SACO de type i indiqué au tableau prévu à la figure 7.1, en tonnes métriques en équivalent CO₂ par tonne métrique de SACO de type i ;

Équation 6.1

$$(Tr + DEST)_M = AG_{final} \times 7,5$$

Où:

$(Tr + DEST)_M$ = Émissions de GES attribuables au transport et à la destruction de SACO contenues dans les mousses, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

AG_{final} = Quantité totale de SACO contenues dans les mousses expédiées en vue d'être détruites pendant le projet, calculée selon l'équation 10, en tonnes métriques de SACO;

7,5 = Facteur d'émission par défaut associé au transport et à la destruction de SACO, en tonnes métriques en équivalent CO₂ par tonne métrique de SACO.

Équation 6.2

$$RE_R = ER_R - EP_R$$

Où:

RE_R = Réductions des émissions de GES totales attribuables au projet de destruction des SACO utilisées en tant que réfrigérant pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

ER_R = Émissions du scénario de référence attribuables à la destruction des SACO utilisées en tant que réfrigérant pendant la période de rapport de projet, calculées selon l'équation 6.3, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

EP_R = Émissions de GES dans le cadre de la réalisation du projet de destruction des SACO utilisées en tant que réfrigérant pendant la période de rapport de projet, calculées selon l'équation 6.4, en tonnes métriques en équivalent CO₂.

Équation 6.3

$$\dot{E}R_R = \sum_{i=1}^n (Q_i \times FE_{R,i} \times PRP_i)$$

Où:

$\dot{E}R_R$ = Émissions du scénario de référence attribuables à la destruction de SACO utilisées en tant que réfrigérant pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

i = Type de SACO;

n = Nombre de types de SACO;

Q_i = Quantité totale de SACO de type i utilisée en tant que réfrigérant récupérée et expédiée en vue d'être détruite, déterminée conformément à la section 9, en tonnes métriques de SACO de type i;

FE_{R,i} = Facteur d'émission de GES de la SACO de type i utilisée en tant que réfrigérant, indiqué au tableau prévu à la figure 7.3;

PRP_i = Potentiel de réchauffement planétaire de la SACO de type i, indiqué au tableau prévu à la figure 7.1, en tonnes métriques en équivalent CO₂ par tonne métrique de SACO de type i.

Équation 6.4

$$\dot{E}P_R = Sub + (Tr + Dest)_R$$

Où

$\dot{E}P_R$ = Émissions de GES dans le cadre de la réalisation du projet de destruction des SACO utilisées en tant que réfrigérant pendant la période de rapport de projet, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

Sub = Émissions totales de GES attribuables aux réfrigérants substitués, calculées selon l'équation 6.5, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

(Tr + DEST)_R = Émissions de GES attribuables au transport et à la destruction de SACO utilisées en tant que réfrigérant, calculées selon l'équation 6.6, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

Équation 6.5

$$Sub = \sum_{i=1}^n (Q_i \times FES_i)$$

Où:

Sub = Émissions totales de GES attribuables aux réfrigérants substitués, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

i = Type de SACO;

n = Nombre de Types de SACO;

Q_i = Quantité totale de SACO de type i utilisées en tant que réfrigérant récupérées et expédiées en vue d'être détruites, déterminée conformément à la section 9, en tonnes métriques de SACO de type i;

FES_i = Facteur d'émission des substitués pour le SACO de type i indiqué au tableau prévu à la figure 7.4, en tonnes métriques en équivalent CO₂ par tonne métrique de SACO;

Équation 6.6

$$(TR + Dest)_R = Q \times 7,5$$

Où:

$(Tr + DEST)_R$ = Émissions de GES attribuables au transport et à la destruction des SACO utilisées en tant que réfrigérant, en tonnes métriques en équivalent CO₂;

Q = Quantité totale de SACO utilisées en tant que réfrigérant récupérées et expédiées en vue d'être détruites, calculée selon l'équation 6.7, en tonnes métriques de SACO;

7,5 = Facteur d'émission par défaut associé au transport et à la destruction des SACO, en tonnes métriques en équivalent CO₂ par tonne métrique de SACO;

Équation 6.7

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

Où:

Q = Quantité totale de SACO utilisées en tant que réfrigérant récupérées et expédiées en vue d'être détruites, en tonnes métriques de SACO;

i = Type de SACO;

n = Nombre de types de SACO;

Q_i = Quantité totale de SACO de type *i* utilisées en tant que réfrigérant récupérées et expédiées en vue d'être détruites, déterminée conformément à la section 9, en tonnes métriques de SACO de type *i*.

ANNEXE 5 – FACTEURS D'ÉMISSION DES AGENTS DE GONFLEMENT EN FONCTION DU TYPE DE MOUSSE
(inspiré de : UNFCCC, 2009a)

Tableau A.4 Facteurs d'émission du HFC-134a et du HFC-152a en fonction du type de mousse

(inspiré de : UNFCCC, 2009a, p. 2)

Type de mousse	Durée de vie du produit	Facteur d'émission lors de la première année (%)	Facteur d'émission annuel (%)	Potentiel de perte maximum de fin de vie (%)
Polyuréthane – panneau continu	50	10	0,5	65
Polyuréthane – panneau discontinu	50	12,5	0,5	65
Polyuréthane – appareils électroménagers	15	7	0,5	62,5
Polyuréthane – injecté	15	12,5	0,5	80
Polystyrène extrudé (HFC-134a)	50	25	0,75	37,5
Polystyrène extrudé (HFC-152a)	50	50	25	0

Tableau A.5 Facteurs d'émission du HFC-245fa/HFC-365mfc/HFC-227ea en fonction du type de mousse

(inspiré de : UNFCCC, 2009a, p. 3)

Type de mousse	Durée de vie du produit	Facteur d'émission lors de la première année (%)	Facteur d'émission annuel (%)	Potentiel de perte maximum de fin de vie (%)
Polyuréthane – panneau continu	50	5	0,5	70
Polyuréthane – panneau discontinu	50	12	0,5	63
Polyuréthane – appareils électroménagers	15	4	0,25	92,25
Polyuréthane – injecté	15	10	0,5	82,5
Polyuréthane – pulvérisé	50	15	1,5	10

ANNEXE 6 – MOUSSES ADMISSIBLES POUR LE SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE ET LE SCÉNARIO DE PROJET POUR LA LORS DE LA FABRICATION ET L'UTILISATION DE LA MOUSSE ISOLANTE (inspiré de : ACR, 2015B)

Tableau A.6 Type de mousse admissible dans le scénario de référence

(inspiré de : ACR, 2015b, p. 11)

Type de mousse	Halocarbures	PRP	Durée de vie du produit (année)	Première année de perte (%)	Perte annuelle (%)	Potentiel maximum de perte en fin de vie (%)
Polystyrène extrudé	HFC-134a	1 430	50	25	0,75	37,5
Polyuréthane pulvérisé	HFC-245a	1 030	50	15	1,5	10
Polyuréthane injecté	HFC-134a	1 430	15	12,5	0,5	80
Polyuréthane panneau discontinu	HFC-134a	1 430	50	12,5	0,5	62,5
Polyuréthane panneau continu	HFC-134a	1 430	50	10	0,5	85,5
Polyuréthane <i>integral skin</i>	HFC-134a	1 430	12	95	2,5	0
<i>Continuous laminated boardstock</i>	Pentane	11	25	6	1	69

Tableau A.7 Type de mousse admissible dans le scénario de référence

(tiré de : l'ACR, 2015b, p. 22)

Substances alternatives à faible PRP	PRP
Eau	1
Acide formique	< 5
Formiate de Méthyle	< 5
Chlorure de méthylène	< 5
Acétone	0,5
2-chloropropane	< 5
Exxsol™	< 5
Ammoniac	0
Ecomate®	< 1
Diméthyléther	1
Bromure de méthyle	0,7
HFO-1234ze (1,3,3,3-Tétrafluoropropène)	1
Chloroforme de méthyle	5

ANNEXE 7 – TAUX D'ÉMISSION POUR LES HFC (tiré de : ACR, 2015a, p. 23)

Refrigerant	End-Use	Deployment of Refrigerant by End-Use (%)	End-Use Weighted Emission Rate (%/year) ¹	10-year Emission Rate (%)
HFC-134a	Mobile A/C	60%	18%	76%
	Large Commercial Refrigeration	5%	20%	
	Stand-Alone Commercial Refrigeration	15%	8%	
	Chillers	5%	3%	
	Domestic Refrigeration	15%	0.1%	
HFC-23	Industrial Process Refrigeration	85%	23%	89%
	Chillers	15%	3%	
HFC-32	Residential and Commercial A/C	85%	11%	64%
	Chillers	15%	3%	
R-401A	Large Commercial Refrigeration	80%	20%	84%
	Chillers	20%	3%	
R-404A	Large Commercial Refrigeration	100%	20%	89%
R-407A	Large Commercial Refrigeration	100%	20%	89%
R-407C	Residential and Commercial A/C	95%	11%	70%
	Commercial Refrigeration	5%	20%	
R-410A	Residential and Commercial A/C	100%	11%	69%
R-417C	Mobile A/C	100%	18%	86%
R-422B	Residential and Commercial A/C	95%	11%	70%
	Commercial Refrigeration	5%	20%	
R-422C	Commercial Refrigeration	100%	20%	89%
R-422D	Commercial Refrigeration	100%	20%	89%
R-507A	Commercial Refrigeration	100%	20%	89%
R-508B	Stand-Alone Commercial Refrigeration	100%	8%	57%