



**Combattre le réchauffement
UN FRIGO À LA FOIS**

**Guide citoyen pour la
récupération des
halocarbures**



**REGROUPEMENT VIGILANCE
HYDROCARBURES QUÉBEC**

Table des matières

Introduction	3
Quelle est l'utilité de la réfrigération ?	3
Quel est l'historique du développement de la réfrigération ?	4
Quelles sont les composantes d'un système de réfrigération ?	4
Quels sont les fluides utilisés en réfrigération ?	5
Quels sont les effets des réfrigérants sur la couche d'ozone ?	8
Qu'est-ce que le Protocole de Montréal ?	10
Est-ce que les fluides réfrigérants ont un impact sur le climat ?	12
Quelle est la situation au Québec ?	14
Quelle solution le gouvernement du Québec a-t-il adoptée ?	15
Cette solution est-elle un gage de réussite ?	15
Quelle est la responsabilité du propriétaire de l'appareil réfrigérant ?	16
Quelle est l'entreprise responsable ?	16
En quoi consiste un programme de récupération et de valorisation ?	16
À quel taux de récupération et de valorisation doit-on s'attendre ?	17
Comment seront calculés les écofrais à payer par les acheteurs d'appareils réfrigérants ?	17
En conclusion : à quels avantages faut-il s'attendre ?	18

Introduction

Le texte qui suit se veut une sensibilisation à un problème environnemental grandissant. Il se divise en quelques thèmes qui commencent tous par une question à laquelle nous essaierons de donner une réponse simple et claire. Cette façon de faire permet au lecteur de commencer par la partie qui lui semble la plus intéressante ou importante sans se soucier de l'ordre de présentation du texte, ou de ne lire que quelques sections et d'ignorer le reste. Bonne lecture.

Quelle est l'utilité de la réfrigération ?

La révolution scientifique et industrielle du 19^e et 20^e siècle a apporté à l'humanité des gains importants en termes de santé et bien-être. Pour ne citer que trois éléments, on peut avancer que l'hygiène de l'eau, les antibiotiques et le réfrigérateur sont des éléments qui ont contribué de façon marquante à rendre la vie plus agréable et à sauver bien des vies. Vous trouvez sans doute étrange de retrouver le réfrigérateur dans cette courte liste et pas l'automobile. Oui l'automobile est une aide importante au déplacement, mais on pourrait s'en passer sans trop pénaliser notre confort. Ce n'est pas la même chose pour le réfrigérateur.

Essayez de voir ce que serait la vie sans réfrigération. Ce système permet de conserver des aliments sur une longue période de temps, donc de les protéger de la pourriture, également de transporter des aliments venant de loin au sud, ce qui permet de nous fournir en hiver des laitues fraîches ou des fruits tropicaux. Si on élargit quelque peu l'espace autour du réfrigérateur on peut inclure dans le même groupe les climatiseurs de maison et d'automobile, les congélateurs domestiques et industriels, les thermopompes et tous les autres appareils qui produisent du froid. On a qu'à penser aux arénas qui ne pourraient permettre le patin et le hockey en plein été sans système de réfrigération. Que deviendraient les Canadiens de Montréal s'ils devaient jouer toutes leurs parties à l'extérieur ? Avec le réchauffement climatique, la saison de hockey serait très courte. Tous ces appareils sont tellement intégrés dans nos vies, et généralement cachés de notre vue, que l'on ne leur fait jamais attention, sauf en cas de panne.

De façon simple, on peut dire qu'un système de réfrigération a comme fonction principale de produire du froid, donc de prendre de la chaleur d'un espace et de transmettre cette chaleur dans un autre espace. Cette définition permet d'inclure dans ce groupe d'appareils les thermopompes qui ont un cycle de chauffe et un cycle de refroidissement, selon les saisons, ainsi que les déshumidificateurs de tous genres. Le confort et la santé sont donc les deux finalités de ces appareils dans le domaine domestique. Du côté industriel et médical, on peut inclure les appareils à très basse température, on parle alors de cryogénie. Mais nous n'aborderons pas ces usages très particuliers, quoiqu'utilisant la même technologie de base.

Au Québec depuis les années 80 plus de 99,7% des foyers sont équipés d'un ou plusieurs réfrigérateurs. C'est l'appareil le plus répandu, plus que tous autres appareils électroménagers. Il y a beaucoup de foyers qui ont un réfrigérateur, mais n'ont pas d'automobile.

Malheureusement il y a un côté plus sombre aux systèmes de production du froid. Ce sont des appareils qui contiennent des fluides qui d'une part détruisent la couche d'ozone et d'autre part ont un effet de serre très important. Ce petit guide vise à donner quelques informations importantes pour sensibiliser les citoyens à une bonne gestion de nos appareils afin de permettre de diminuer le plus possible les effets nuisibles de ces amis indispensables à notre confort.

Quel est l'historique du développement de la réfrigération ?

Les Mésopotamiens se servaient de fosses remplies de glace pour conserver la viande, puis en recouvrant le tout de paille. Cette technique a été également utilisée par les Grecs et les Romains. Naturellement la grande difficulté pour ces nations était l'accès à de la glace. La viande gardée dans ces glacières primitives restait fraîche jusqu'au début de l'été, sans qu'il soit nécessaire de la saler ou de la fumer, autres méthodes de conservation développées par les humains.

Au XVI^e siècle, avant l'arrivée des Européens, les populations du Pérou creusaient des glacières dans le sol. Ce système de fosses a été utilisé dans toute l'Europe à la même époque. Pour ce faire, des commerçants se sont mis à vendre de la glace provenant des montagnes, glace qui était conservée dans des glacières mobiles aux parois isolées. La glace en fondant permettait de conserver des aliments à la bonne température. Mais tous ces systèmes étaient très rudimentaires et à usage très limité, en plus de demander beaucoup de travail.



Figure-1 : Livraison de la glace autrefois

En 1805, Oliver Evans présenta à Philadelphie un prototype d'une machine frigorifique à compression d'éther. La nouveauté résidait dans l'introduction d'un processus en cycle fermé. En 1824 paraît le seul livre écrit par Sadi Carnot, physicien français mort à 36 ans, livre dans lequel il présente les deux principes fondamentaux de la thermodynamique, dont le cycle théorique de réfrigération découle. C'est de son nom que nous vient l'appellation 'cycle de Carnot' pour définir un cycle de transferts d'énergie de base. Les années passent et de nombreuses inventions se suivent en améliorant sans cesse les performances des machines qui permettent de faire du froid. Après avoir testé l'air comme fluide caloporteur, l'ammoniac a été reconnu comme le meilleur candidat pour cette fonction à cette époque.



En 1856 l'inventeur australien James Harrison, utilisant le principe de la compression de vapeur, a construit le premier réfrigérateur pratique au monde. Il faut attendre 1913 pour voir apparaître le premier réfrigérateur domestique fonctionnel. Celui-ci a été fabriqué à Chicago. En 1919 la marque Frigidaire fait son apparition. En 1931 la fabrication industrielle commence avec Electrolux. En 1939 est mis sur le marché le premier réfrigérateur à deux températures, qui permettait de conserver des aliments congelés dans l'un des compartiments. Depuis ce temps les systèmes se sont grandement améliorés, mais le cycle de base est resté le même. Ce sont principalement les éléments de contrôle et l'efficacité énergétique qui ont fait de grands progrès.

Figure-2 : Frigidaire 1920

Quelles sont les composantes d'un système de réfrigération ?

Il existe différentes façons d'obtenir du froid. Le principe de base réside toujours en un transfert de chaleur, à partir d'une zone à refroidir vers une autre zone, qui peut être l'intérieur de la maison, l'extérieur d'un édifice ou encore les profondeurs du sol dans le cas de système géothermique. Mais la question est comment forcer la chaleur à migrer d'une zone à une autre ?

Plusieurs technologies ont été développées, mais nous n'analyserons que la plus répandue, le cycle à compression de vapeur qui est utilisée dans presque tous les réfrigérateurs et les climatiseurs. Ce système est fondé sur la condensation de vapeur d'un fluide réfrigérant à la suite d'une compression, puis son évaporation provoquée par une détente rapide. La figure suivante présente le schéma simplifié de fonctionnement.

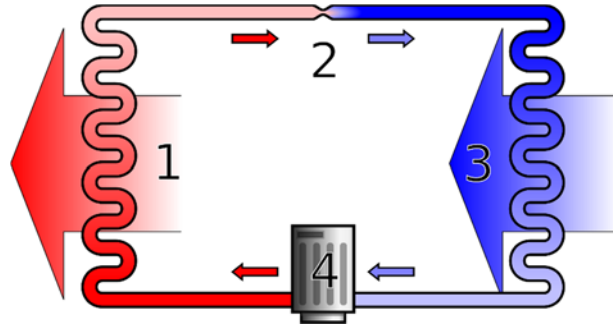


Figure-3 : Composantes d'un cycle de réfrigération

La zone en bleu est la zone à basse pression et à basse température et la zone en rouge est celle de haute pression et haute température. Tout système frigorifique à compression comprend les quatre éléments présentés dans le tableau suivant :

Numéro	Composante	Fonction
1	Condenseur	Échange de chaleur vers l'extérieur du système
2	Soupape de détente	Abaisse rapidement la pression du fluide ainsi que la température
3	Évaporateur	Capte la chaleur de la zone à refroidir pour la transporter à l'extérieur
4	Compresseur	Augmente la pression du fluide réfrigérant

Le compresseur est entraîné par un moteur électrique et, dans le cas des systèmes domestiques, ce moteur et le compresseur sont enfermés dans un même boîtier hermétique permettant de prévenir toute contamination de l'extérieur par de l'humidité, des poussières ou autres substances qui pourraient diminuer la durée de vie du système.

En plus de ces quatre composantes, un système de refroidissement contient évidemment le fluide réfrigérant, sujet principal de nos préoccupations, de l'huile de lubrification pour le compresseur et, dans le cas des systèmes modernes, une multitude de composantes électriques et électroniques de contrôle du système. Ce sont généralement ces éléments qui font défaut de plus en plus rapidement avec la mise en place, par les fabricants, de programmes d'obsolescence programmée. Ce phénomène devrait être stoppé par des lois sévères pour empêcher le gaspillage de matières premières.

Quels sont les fluides utilisés en réfrigération ?

En principe il est possible d'utiliser une grande variété de fluides comme réfrigérants. L'air, l'azote et le CO₂ peuvent être utilisés dans des conditions particulières. Mais ce qui fait qu'un fluide sera utilisé est sa capacité de répondre aux critères suivants :

- Grande capacité d'absorption de chaleur.

- La pression du fluide dans la conduite doit se situer dans des plages de fonctionnement pratiques, c'est-à-dire que l'on évite les pressions trop basses à l'évaporateur ou trop élevées au condenseur. Cela évite des surcoûts liés à la résistance mécanique des composantes.
- Le fluide choisi doit permettre un fonctionnement dans la gamme de températures d'usage. Par exemple, les fluides utilisés pour obtenir des basses températures d'un congélateur sont différents des fluides de climatisation, les températures d'évaporation sont différentes.
- Le fluide doit conserver ses propriétés pour une longue période sans se dégrader, idéalement des années de fonctionnement en continu.
- Ces fluides doivent respecter des normes de sécurité de plus en plus contraignantes aussi bien pour les humains qui manipulent ces gaz ou lorsqu'il y a fuite, qu'au regard de l'environnement, ce qui est devenu un enjeu crucial.

Ces critères font en sorte que peu de fluides sont aptes à être utilisés dans un système de réfrigération, les contraintes sont fortes. Ne pas oublier que ces fluides doivent passer de la phase liquide à la phase vapeur et revenir en liquide à chaque cycle, ce qui impose que les molécules utilisées doivent être très stables chimiquement.

En 1929, un ingénieur américain, Thomas Midgley Jr., et son équipe produisent les premières molécules de dichlorodifluorométhane (CCl_2F_2) ou **R12**. C'est la compagnie **DuPont de Nemours** qui, à partir de 1932, fabriqua industriellement les composés appelés fréon qui regroupe toutes les molécules du type **CFC**. Ces composés ont la propriété d'être relativement inoffensifs pour les humains et d'être bien adaptés à un usage en réfrigération. Mais leurs effets nocifs ne furent identifiés que bien plus tard.

On distingue parmi les fluides réfrigérants différentes catégories de molécules :

- Les chlorofluorocarbures (CFC) : exemple R12
- Les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) : exemple R22
- Les hydrofluorocarbures (HFC) : exemple R134a
- Les perfluorocarbures (PFC) : exemple (C_2F_6)
- Les hydrocarbures ou composés organiques ne faisant pas partie des catégories précédemment citées : exemple (C_3H_8) ou les (HFO)
- Les composés inorganiques comme l'ammoniac : NH_3 ou R-717
- Le CO_2 ou R-744
- L'air ou R728

Les réfrigérants peuvent être utilisés à l'état pur ou en mélange selon les besoins particuliers d'une application. Mais qu'importe l'approche, ils ne sont pas neutres face à l'environnement.

Sans rentrer dans tous les détails, il est important ici de mentionner que la majorité des fluides réfrigérants proviennent de la transformation de combustibles fossiles. Ce sont donc des produits qui dès leur fabrication participent au réchauffement du climat. Voici deux exemples.

Regardons comment est synthétisé le Fréon-12 ou dichlorodifluorométhane. Une molécule de méthane (CH_4) est transformée par deux étapes chimiques, la première transforme la molécule de méthane par une réaction avec 4 molécules de chlore (Cl), puis la deuxième étape introduit les deux atomes de fluor dans la molécule. L'hydrogène est donc complètement retiré pour former de l'acide chlorhydrique.



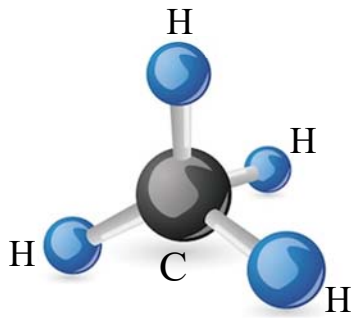


Figure-4 : Molécule de Méthane

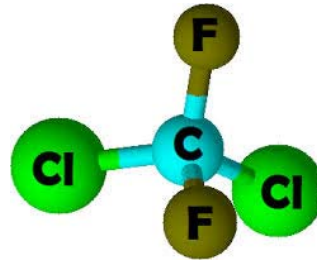


Figure-5 : Molécule de Fréon-12

De manière similaire, la molécule d'éthane (C_2H_6) peut être transformée en fluide de réfrigération nommé HFC-134a – Tetrafluoroéthane :

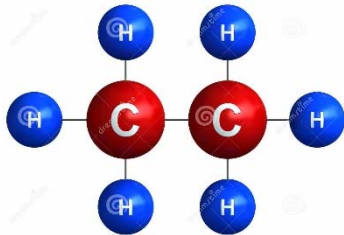


Figure-6 : Éthane

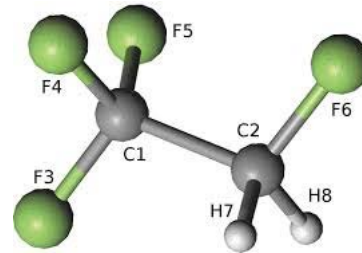


Figure-7 : HFC-134a – Tetrafluoroéthane

Les nouveaux réfrigérants

La troisième génération, les hydrofluorocarbones (HFC), apparaît sur le marché peu de temps après le Protocole de Montréal. Il s'agit notamment des R404A, R125, R134a, R407A/C/F et R410A, qui occupent actuellement le plus gros de notre marché en matière de réfrigérant, peu importe l'application. Bien que cette famille ne contienne pas de chlore, les atomes de carbone contribuent au réchauffement climatique. Ces fluides se font donc pointer du doigt dès la fin des années 1990, au cours des premières réunions du GIEC analysant ce phénomène. Ceci nous mène donc aux amendements de Kigali (2016), qui ont fixé le calendrier de leur élimination.

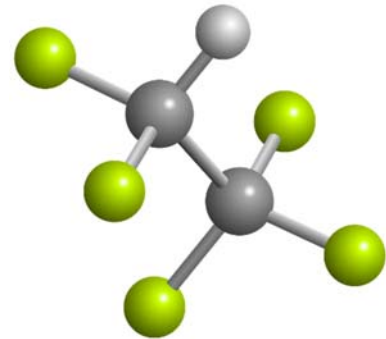


Figure-8 : Pentafluoroéthane R-125

Les solutions de rechange sont bientôt disponibles. Ce sont de nouveaux produits développés au début des années 2000, les hydrofluoroléfine (HFO) et les hydrofluoroéther (HFE). Tout comme la génération précédente, leur PAO est égal à 0. Cependant, le potentiel de réchauffement global (PRG), qui est désormais un critère d'évaluation essentiel, doit être le plus faible possible pour que ces produits puissent être commercialisés.

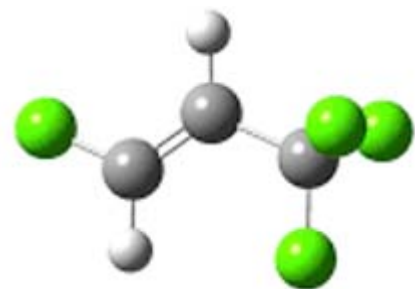


Figure-9 : Molécule de R1234ze(E)

La molécule de R1234ze(E) contient 3 atomes de carbone, 2 atomes d'hydrogène et 4 atomes de fluor. De nombreux essais de laboratoire sont en cours pour évaluer l'ensemble du comportement de ces nouvelles molécules sur le long terme. Les critères énoncés plus haut permettant d'accepter ou non un nouveau fluide comme réfrigérant doivent tous être respectés pour que le produit soit homologué. Chaque nouveau fluide impose également des modifications importantes à la construction et au fonctionnement des appareils dans lequel il sera utilisé.

Notons que le Canada ne produit pas, ou peu, de réfrigérants. Le gouvernement fédéral a adopté en 2016 le Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone et les halocarbures de remplacement afin d'en contrôler l'importation, l'exportation, la fabrication, la vente et l'utilisation. Le Canada est l'un des signataires de l'accord de Kigali qui vise à ajouter au Protocole de Montréal les articles nécessaires pour prendre en compte le potentiel de réchauffement de la planète (PRP) de tous les types de réfrigérants et d'imposer des limitations aux produits jugés dangereux, c'est-à-dire le bannissement de tous les fluides ayant un PRP de plus de 150 d'ici 2036.¹

Principaux usages des réfrigérants

L'augmentation de la consommation mondiale des différents types de réfrigérants a été spectaculaire au cours de 30 dernières années comme le présente la figure-10.

Du fait de la grande variété des types de réfrigérants, l'axe vertical, utilise l'équivalent de leur effet en termes de pouvoir de réchauffement de la planète (PRP) rapporté en équivalent de CO₂. Cela permet d'avoir une vue générale de la problématique.

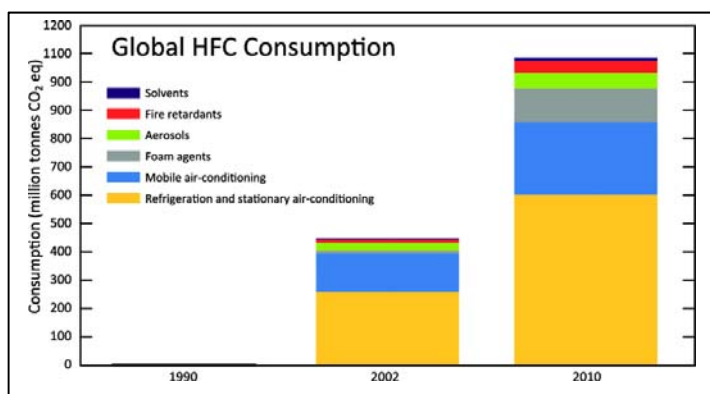


Figure-10 : Évolution de la production des réfrigérants²

Notez que sur cette figure les CFC n'y sont pas comptabilisés, car maintenant interdits. Les halocarbures sont principalement utilisés en réfrigération, mais le sont également dans d'autres secteurs comme retardateur de flamme dans des matériaux de construction ou des tissus, dans la fabrication de mousses plastiques, la fabrication de solvants, la fabrication d'aérosols, et bien d'autres secteurs. Il y a donc de nombreuses occasions d'émission de ces gaz vers l'atmosphère.

L'entrée en scène des pays asiatiques sur le plan industriel et la forte croissance du besoin en réfrigération et en climatisation de bâtiment expliquent en bonne partie cette forte évolution de la production d'halocarbures qui n'est pas sans conséquence sur le plan environnemental.

Quels sont les effets des réfrigérants sur la couche d'ozone ?

L'ozone est une molécule composée de trois atomes d'oxygène liés chimiquement et représentée par le symbole O₃. Cette molécule est produite principalement en haute atmosphère, dans la zone nommée stratosphère, par l'interaction d'oxygène O₂ et de rayonnement solaire de courte longueur

¹ Voir le Règlement suivant : <https://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2016-137.pdf>

² Source EIA : <https://eia-global.org/campaigns/Climate/what-are-hydrofluorocarbons>

d'onde, rayonnement ultraviolet (UV). Une fois la molécule d'ozone créée, elle sera détruite par d'autres rayonnements UV pour revenir à son état premier de molécule d'O₂. Ce phénomène de création et de destruction de l'ozone permet de diminuer considérablement le rayonnement UV qui atteint le sol terrestre. L'ozone joue un rôle de filtre naturel. Ce phénomène est fondamental pour la survie de tous les êtres vivants à la surface de la terre et même des océans. La raison en est que les rayonnements UV ont la capacité de pénétrer les cellules du vivant et de créer des anomalies qui provoquent des cancers, et ce, aussi bien pour les humains que pour les animaux, les plantes et le plancton marin.

Toute diminution de la quantité d'ozone dans la haute atmosphère fait donc augmenter la quantité de rayonnement UV qui atteindra la surface terrestre, ce qui représente un danger qui doit être évité à tout prix. L'analyse de l'atmosphère effectuée au cours des années 50 et 60 a mis en évidence un léger amincissement de la couche d'ozone à certains endroits, mais sans que l'on puisse identifier la cause de cet amincissement. Puis, dans les années 70 et 80, des mesures de composition de la colonne d'air à l'aide de ballon-sonde ont montré des anomalies de plus en plus importantes et saisonnières dans la stratosphère, surtout au-dessus du Pôle Sud.

Les études de la chimie de l'atmosphère ont démontré que l'appauvrissement de la couche d'ozone est principalement dû aux gaz du type chlorofluorocarbures (CFC) et autres halogènes. Ces molécules, lorsqu'elles sont relâchées, montent en haute atmosphère, sont brisées par les rayonnements UV, ce qui libère le chlore. Celui-ci détruit l'ozone plus vite qu'il ne peut être créé. Il y a donc diminution de cette couche protectrice de la vie. Le chlore peut agir pendant une période assez longue, de 20 à 100 ans, avant d'être intégré dans une molécule qui l'entraînera vers le sol où il sera séquestré.

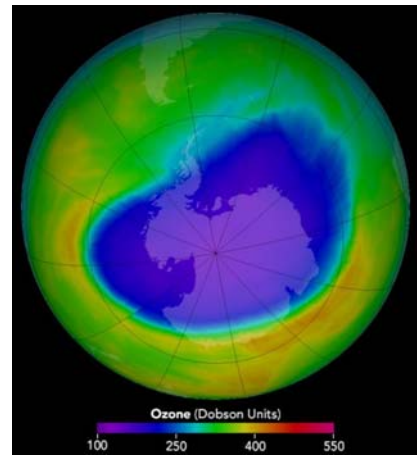


Figure-11 : Image du plus grand trou dans la couche d'ozone enregistré en septembre 2016 (NASA)

L'appauvrissement de la couche d'ozone se fait selon un mécanisme chimique simple faisant intervenir le rayonnement solaire (UV) et un mécanisme de diffusion en deux phases :

- Le premier est global, et désigne un appauvrissement lent et régulier de l'ozone stratosphérique, il est de l'ordre de 4 % par décennie. Ce phénomène est actif en continu depuis les années 1950, début de la libération de CFC dans l'atmosphère.
- Le second est une perte très importante de l'ozone au niveau des pôles. Ce phénomène est saisonnier et est appelé « trou d'ozone ».

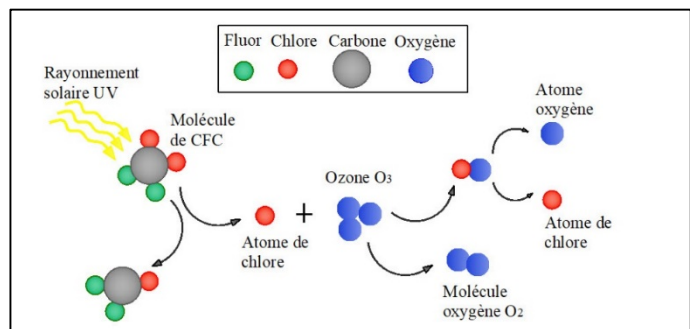


Figure-12 : Mécanisme d'action des halocarbures sur l'ozone

Pour compliquer encore les choses, il a été démontré que le protoxyde d'azote (N_2O) est un autre gaz destructeur de la couche d'ozone. La concentration de ce gaz dans l'atmosphère augmente d'année en année depuis le début des années 1970, ce qui inquiète les scientifiques. Ce gaz est émis principalement par les engrais azotés ainsi que par les fumiers provenant de l'élevage d'animaux de boucherie. Le GIEC prévoit qu'il devrait continuer à s'accumuler dans l'atmosphère du fait que la part de protéines animales dans l'alimentation humaine ne cesse de croître. Mais le problème du N_2O ne sera pas traité dans ce texte, seule la réfrigération le sera.

Qu'est-ce que le Protocole de Montréal³ ?

Les études scientifiques ayant démontré hors de tout doute que les CFC sont une des causes principales de l'affaiblissement de la couche d'ozone, les Nations Unies ont convoqué le 16 septembre 1987 à Montréal une conférence pour mettre en place un protocole imposant un bannissement graduel de toutes les substances appauvrissant la couche d'ozone, y compris les CFC, les halons et les produits chimiques de transition moins nocifs comme les HCFC. Ce Protocole vise 96 produits chimiques différents et a été ratifié par 196 pays, ce qui en fait le premier traité international sur l'environnement à parvenir à une ratification complète. La mise en œuvre n'est malheureusement pas aussi rapide que souhaité.

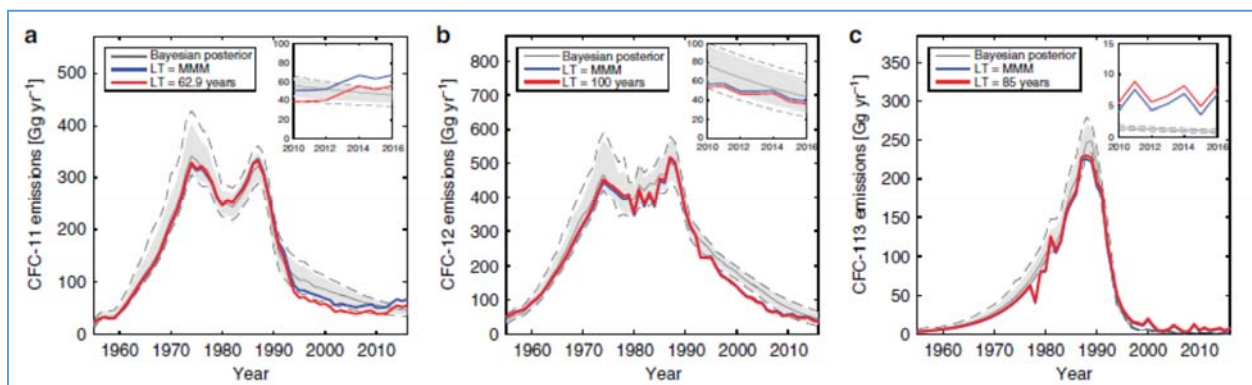


Figure-13 : Émissions de CFC mondiales mesurées de 1955 à 2016. Les estimations des émissions sont indiquées pour (a) CFC-11, (b) CFC-12 et (c) CFC-113.⁴

On observe sur la figure-13 une croissance rapide de la production de CFC entre 1960 et 1970, puis plafonnement, pour ensuite voir une décroissance importante des émissions de CFC à partir de 1990. Ces composés ont été remplacés par les nouvelles molécules de HCFC et de HFC.

Un rapport de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) publié en 2015 indique qu'il y a un certain rétablissement de la couche d'ozone en haute latitude, c'est-à-dire aux Pôles, et de moindres ampleurs dans les latitudes moyennes et basses, près de l'équateur. L'interdiction de production des CFC à travers le monde est la cause directe de cette amélioration. Preuve que la coopération internationale peut parfois donner de bons résultats⁵.

³ <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/organisation/affaires-internationales/parteneriats-organisations/appauvrissement-couche-ozone-protocole-montreal.html>

⁴ Nature communication : <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15162-7.pdf>

⁵ <https://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/l%E2%80%99%C3%A9valuation-du-protocole-de-montr%C3%A9al-confirme-le-r%C3%A9tablissement-de-la>

Des modélisations de l'atmosphère démontrent que pour la majeure partie du globe, la couche d'ozone devrait retrouver, vers 2050, des niveaux comparables à ceux de 1980, ceci aux latitudes moyennes et en Arctique et un peu plus tard sur l'Antarctique. Naturellement à condition que le Protocole de Montréal, et ses amendements, soient respectés. Cependant la production des **hydrochlorofluorocarbures** (HCFCs) et certains produits contenant du brome (l'**halon-1301**) continuent à augmenter, ce qui est contraire aux accords internationaux.

Des études montrent que le temps de résidence des différents halocarbures dans la haute atmosphère est entre 45 et 100 ans, dépendant de la composition chimique de chaque espèce et également des conditions de température et pression rencontrées. Ces estimations indiquent qu'en 2050 il est fort possible que près de la moitié de toutes les émissions générées depuis 50 ans soient encore actives et qu'en 2100 une portion significative soit encore présente dans l'atmosphère. Le problème est donc à court et à long terme.

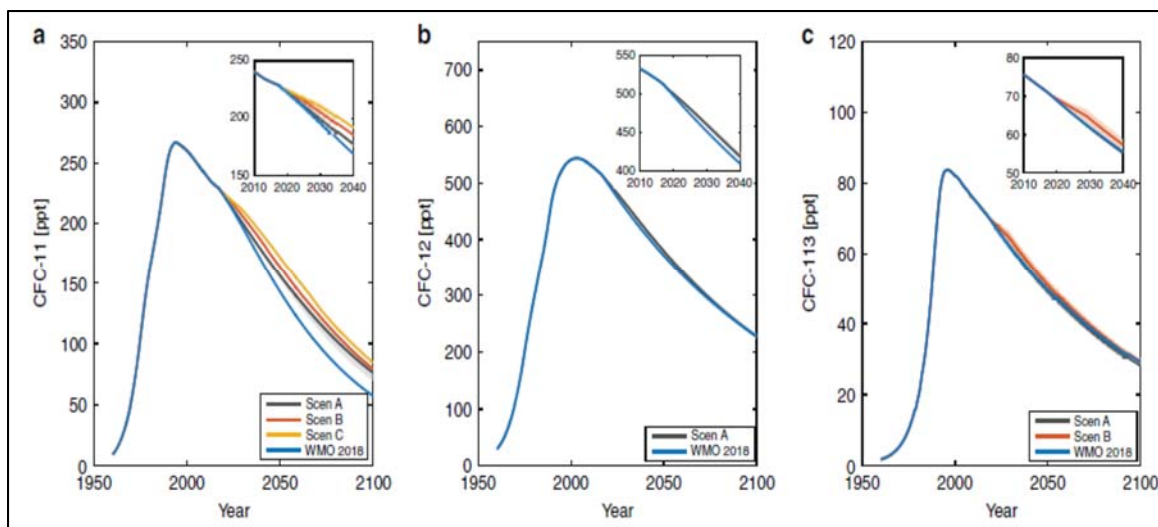


Figure-14 : Estimations mesurées et projetées des concentrations de CFC. Les concentrations sont indiquées pour (a) CFC-11, (b) CFC-12 et c) CFC-113. Pour chaque panneau, la ligne bleue indique la concentration estimée et projetée la plus probable. Après 2017 les évaluations font appel à des scénarios de production non déclarées, donc une certaine incertitude existe. ⁶

Les HCFC ont commencé à être fabriqués au début des années 80 en remplacement des CFC, mais ont ensuite été ajoutés au Protocole de Copenhague (1992) qui apporte des amendements à celui de Montréal. Cependant, ces HCFC restent utilisés dans des équipements neufs jusqu'en 2020 pour les pays industrialisés et en 2030 pour les pays en voie de développement. Cette différence de date permet un certain rattrapage pour les pays les moins industrialisés et vise l'équité dans l'accès aux technologies.

Le Protocole de Kigali, qui fait suite à ceux de Montréal et de Copenhague, est entré en vigueur le 1^{er} janvier 2019, il vise à réduire considérablement l'utilisation future de produits chimiques libérant de puissants gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les pays qui ont ratifié l'amendement de Kigali se sont engagés à réduire de plus de 80% la production et la consommation projetées des fluides du type hydrofluorocarbures (HFC). Jusqu'à présent, 58 pays ont signé l'amendement.

⁶ Nature communication : <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15162-7.pdf>

Est-ce que les fluides réfrigérants ont un impact sur le climat ?

Certainement ! Et c'est un apport non négligeable au problème de réchauffement climatique. Avec toutes les substances que contient un seul réfrigérateur, s'il est jeté aux ordures, il émettra des gaz qui auront un impact équivalent à 3,7 tonnes de CO₂, soit la même quantité émise par une voiture moyenne qui parcourt 17 000 km en un an⁷. Même si quelques entreprises recyclent les autres parties d'un appareil, le traitement de la mousse est déterminant pour diminuer les émissions de GES. «Il y a cinq fois plus d'halocarbures dans la mousse isolante que dans le circuit de réfrigération», précise Mathieu Fillion, directeur de l'exploitation chez PureSphera, seule compagnie québécoise actuellement apte à recycler correctement l'ensemble des fluides de ces systèmes.

Plus le climat se réchauffe, plus la demande en climatisation augmente, ce qui risque de faire croître les émissions de gaz à effet de serre, qui entraînera une augmentation de la température, alors la demande en climatisation augmentera. C'est un cercle très nocif.

L'étude menée en 2019 par une équipe dirigée par Durwood Zaelke, démontre que la mise en œuvre de l'amendement de Kigali pourrait permettre d'éviter à la planète un réchauffement de l'ordre de 0,5 °C au cours de ce siècle, affirmant ainsi qu'il était essentiel de maintenir la hausse de la température mondiale sous la barre des 2 °C.

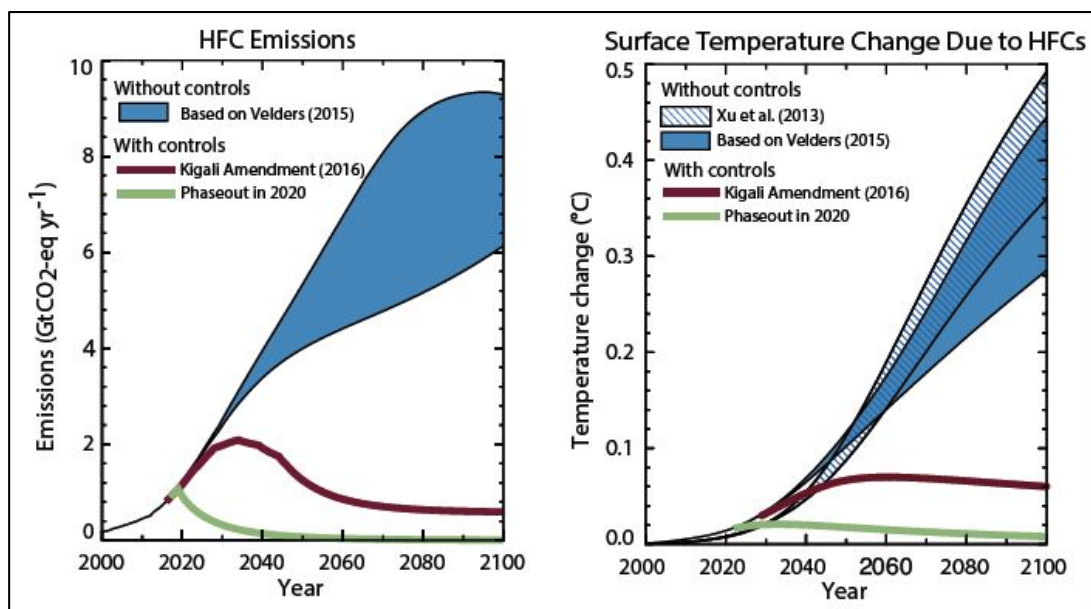


Figure-15 : À gauche : Émissions annuelles de HFC depuis l'an 2000 et projections jusqu'en 2100. À droite : Impact des émissions de HFC en termes d'élévation de la température.⁸

La figure-15 montre très clairement l'impact du respect ou du non-respect de l'accord de Kigali sur le réchauffement. Le non-respect aura un impact majeur sur une période très longue, dépendant des produits utilisés et de leur quantité mise en circulation. L'impact des fluides réfrigérants a été

⁷ <https://puresphera.com/>

⁸ Durwood Zaelke; 2019 : <https://thebulletin.org/2019/01/global-agreement-addressing-ozone-depletion-will-also-bring-large-climate-benefits/>

évalué par le GIEC entre 9% à 19% du réchauffement global, dépendant du scénario des émissions envisagé. L'humanité ne peut pas se permettre un bouleversement de cette envergure.

Le tableau qui suit montre que les halocarbures et les halons (contenant du brome) ont un effet majeur sur la couche d'ozone, mais de plus, tous les réfrigérants utilisés couramment ont un impact en tant que GES, donc contribuent au dérèglement climatique. Selon le GIEC, l'impact global en 2018 de ces gaz était de l'ordre de 2% sur le réchauffement, pourtant ce sont des gaz en concentration très faible dans l'atmosphère, mais leur importance par kilogramme par rapport au CO₂ est très grande, et cet impact risque d'augmenter dans le futur.

Tableau : Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone et de réchauffement planétaire des principaux halocarbures utilisés actuellement ou retirés :

Famille du produit	Nom du produit	PAO*	PRP**
CFC	R-12	1	10 900
	R-11	1	4 750
	R-115	0,6	7 370
Halons	R-12B1	3	1 890
	R-13B1	10	7 140
HCFC	R-123	0,02	77
	R-124	0,022	609
	R-142b	0,065	2 310
	R-22	0,055	1 810
HFC	R-125	0	3 500
	R-134a	0	1 430
	R-143a	0	4 470
	R-152a	0	124
	R-227ea	0	3 220
	R-23	0	14 800
	R-245fa	0	1 030
	R-32	0	675
PFC	R-116	0	12 200
	R-14	0	7 390
	R-218	0	8 830
	R-318c	0	10 300

* PAO : Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone. Mesure relative de la capacité du fluide à endommager la couche d'ozone par rapport au R11 (valeur de 1) pour la même masse.

** PRP : Potentiel de Réchauffement de la Planète sur 100 ans. Mesure relative de la capacité du fluide à réchauffer l'atmosphère par rapport au CO₂ (valeur de 1) pour la même masse.⁹

Très peu d'indications sont disponibles sur les propriétés des nouveaux réfrigérants du type (HFO) et (HFE). Il est nécessaire de poursuivre les études sur leur innocuité en ce qui regarde l'ozone et le potentiel de réchauffement, mais ne pas oublier les effets sur le monde du vivant. Des surprises peuvent toujours se présenter quelques années après le début de leur utilisation. Phénomène déjà arrivé dans le passé récent. Ce qui rend les études difficiles, c'est l'incapacité de prévoir toutes les

⁹ Au Canada et au Québec, le terme PRP est utilisé, l'ONU dans ses documents utilise le terme (PRG) pour Potentiel de Réchauffement Global. Ces deux termes sont équivalents.

modifications de ces molécules en interaction avec le rayonnement solaire, les autres molécules présentes dans l'atmosphère ainsi que le rôle du temps dans ces transformations.

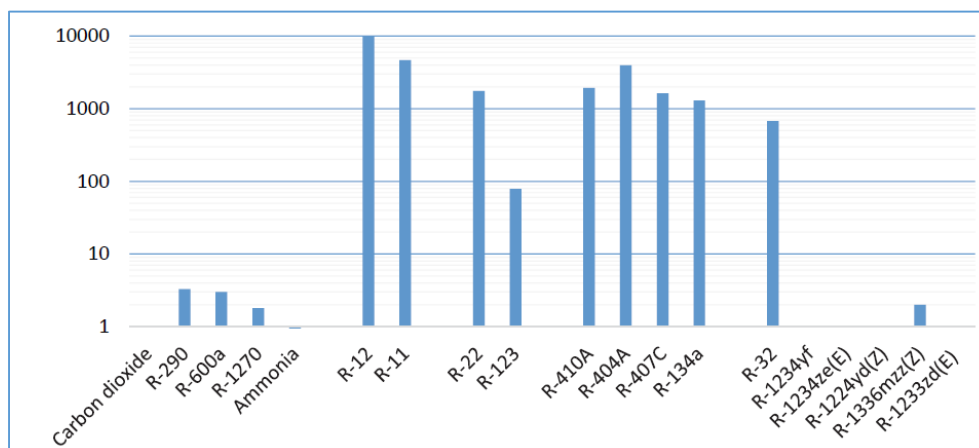


Figure-16 : Potentiel de réchauffement de la planète (PRP) des réfrigérants en comparaison au CO₂ ¹⁰

Quelle est la situation au Québec ?

Au Québec la situation de la mise au rebut des appareils de froid est la suivante :

- Environ 158 000 réfrigérateurs, 62 500 congélateurs et 62 500 climatiseurs arrivent en fin de vie chaque année.
- Plus de 95 % des équipements de climatisation commerciale utilisent un HCFC comme réfrigérant.

Pour contrer la détérioration de la couche d'ozone, la solution du gouvernement du Québec se trouve dans le Règlement sur les halocarbures. Ce dernier a été adopté en 2004 et il a remplacé le *Règlement sur les substances appauvrissant la couche d'ozone* qui avait été adopté en 1993. Pour contrer la détérioration de la couche d'ozone, le *Règlement sur les halocarbures* « régit leur utilisation et prévoit l'interdiction progressive de certains d'entre eux. Il prescrit des normes concernant les contenants utilisés pour le confinement de ces substances et leur récupération. »

Les mesures mises en place par le Règlement sur les halocarbures peuvent être illustrées à l'aide de deux exemples :

- 1) Ainsi, l'alinéa 1 de l'article 14 prévoit, que « Toute personne ou municipalité qui, dans le cadre d'un service de collecte de matières résiduelles, ramasse un appareil de réfrigération ou de climatisation doit, dans les plus brefs délais, récupérer ou faire récupérer, au moyen de l'équipement approprié, les halocarbures contenus dans le circuit de réfrigération de l'appareil. Les halocarbures ainsi récupérés doivent être confinés dans un contenant de récupération conçu à cette fin. »
- 2) L'autre exemple est l'alinéa 1 de l'article 32 énonçant, que « Toute personne qui exploite une entreprise de démontage ou de vente de véhicules automobiles, de véhicules-outils ou de machineries agricoles mis au rancart, de carcasses ou de pièces provenant de véhicules démontés, destinés à être démontés, à être détruits ou vendus pour les pièces seulement doit, sans délai et avant de procéder au démontage d'un appareil de climatisation qui équipe un tel véhicule ou de ses composantes qui renferment des halocarbures, ou d'en disposer pour

¹⁰ ASHRAE : <https://www.hvacexpodubai.com/media/1681/ashrae.pdf>

destruction, récupérer les halocarbures qui s’y trouvent. La récupération doit se faire au moyen de l’équipement approprié, dont l’efficacité est égale ou supérieure à l’une des normes mentionnées à l’article 31, selon le type d’halocarbure et d’opération. Les halocarbures ainsi récupérés doivent être confinés dans un contenant de récupération conçu à cette fin. »

On peut voir immédiatement les limites de la mesure prévue dans le premier exemple. L’obligation de récupération se limite au gaz contenu dans le circuit de réfrigération de l’appareil. Or, comme cela a été signalé plus haut, il y a cinq fois plus d’halocarbures dans la mousse isolante d’un frigo que dans son circuit de réfrigération.

Dans le livre « *Drawdown, Comment inverser le cours du réchauffement planétaire* », rédigé par Paul Hawken avec la collaboration de soixante-dix chercheurs, la gestion et la destruction des fluides frigorigènes est classée au premier rang des actions qui peuvent être entreprises à l’échelle mondiale d’ici à 2050 pour mener à bien cette inversion.



Figure-17: Cylindres de récupération de CFC¹¹

Il faut donc faire en sorte que les réfrigérateurs et autres appareils réfrigérants en fin de vie soient traités adéquatement. Simplement recycler le métal ou les fluides de leur circuit de réfrigération n’est pas une solution adéquate. Les appareils qui ont rendu l’âme doivent être acheminés dans une installation capable de traiter les fluides, huiles, mousses, plastiques et métaux dont ils sont faits. Une telle installation existe déjà au Québec, mais faute de recevoir suffisamment d’appareils, sa survie a été mise en péril. Mais les choses pourraient changer à la suite d’une modification du [Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises](#) entrée en vigueur le 5 décembre 2019.

Quelle solution le gouvernement du Québec a-t-il adoptée ?

La solution retenue par le gouvernement du Québec dans le *Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises* (le Règlement) repose sur la « responsabilité élargie des producteurs [REP] ». En résumé, cela consiste à exiger des entreprises qu’elles mettent sur pied des programmes de récupération et de valorisation des appareils réfrigérants. Ces programmes doivent leur permettre d’atteindre les taux de récupération et de valorisation fixés dans le Règlement, à défaut de quoi elles peuvent se voir imposer des pénalités.

Cette solution est-elle un gage de réussite ?

Pas nécessairement. Le Règlement existe depuis 2011. Outre les appareils réfrigérants, qui ont été ajoutés en 2019, il y a, depuis 2011, plusieurs autres produits qui sont visés par le Règlement. Les entreprises responsables n’ont pas, à tout le moins pour certaines d’entre elles, atteint les taux de récupération et de valorisation fixés par le Règlement. En conséquence, les entreprises fautives avaient accumulé pour 23 300 000 \$ de « pénalités potentielles ». En 2019, le gouvernement du Québec a annulé ces pénalités. Les entreprises en faute, bien qu’elles ne se soient pas acquittées de l’obligation que leur imposait le Règlement, s’en sont tirées à bon compte. Si le passé est garant

¹¹ Photo courtoisie de PureSphéra

de l'avenir, il y a un risque que cela se reproduise dans le cas des appareils réfrigérants. Comme il est ici question de lutte au dérèglement climatique, la vigilance citoyenne est de mise. Étant donné que nous en sommes au tout début de la mise en oeuvre de cette solution, on peut espérer que cette vigilance fera la différence.

Quelle est la responsabilité du propriétaire de l'appareil réfrigérant ?

Un propriétaire ne peut, bien sûr, se débarrasser de son vieil appareil réfrigérant en le jetant dans le fossé. Mais cette interdiction ne découle pas du *Règlement sur la récupération et la valorisation de produits par les entreprises*. Cela découle entre autres de la réglementation municipale. Le propriétaire pourrait toutefois confier son appareil réfrigérant à un ferrailleur. Pour éviter cela, le Règlement prévoit que l'entreprise doit, dans son programme de récupération et de valorisation, «prévoir des activités d'information, de sensibilisation et d'éducation afin de renseigner les consommateurs des avantages environnementaux de la récupération et de la valorisation des produits ainsi que des points de dépôt et services de collecte disponibles de manière à favoriser leur participation ». Beau programme...

Quelle est l'entreprise responsable ?

Le détaillant qui vend l'appareil ménager n'est pas nécessairement l'entreprise responsable de la récupération et de la valorisation de l'appareil remplacé. Cependant, il y aura toujours une entreprise responsable. Si ce n'est pas le détaillant, c'est, selon le cas, le propriétaire ou l'utilisateur de la marque, du nom ou du signe distinctif, l'importateur, le grossiste, le distributeur ou le concepteur.

Le Règlement prévoit qu'une entreprise peut s'acquitter de son obligation de récupération et de valorisation en mettant en oeuvre un programme individuel ou commun (c'est-à-dire des entreprises au sein de la même chaîne, franchise ou bannière qui élaborent le programme de récupération et de valorisation commun) ou encore en devenant membre d'un organisme de gestion reconnu (c'est-à-dire un organisme qui a passé une entente avec la Société québécoise de récupération et de recyclage, mieux connue sous le nom de Recyc-Québec). Présentement, il n'y a encore aucun organisme de gestion reconnu pour ce qui est des appareils réfrigérants. Mais il existe, parmi les autres catégories de produits assujettis au Règlement, des organismes de gestion reconnus. Par exemple, l'organisme de gestion reconnu par Recyc-Québec pour mettre en oeuvre et exploiter le programme de récupération et de valorisation des huiles, antigels, liquides de refroidissement, leurs contenants et leurs filtres est la Société de gestion des huiles usagées (SOGHU).

En quoi consiste un programme de récupération et de valorisation ?

Les programmes que doivent mettre en oeuvre les entreprises ne sont pas détaillés dans le Règlement. Ce dernier énumère simplement les éléments sur lesquels doivent porter les programmes. Ce sont donc les entreprises qui rédigent ces programmes. Ainsi, les programmes doivent « assurer que la gestion des produits récupérés, incluant les activités de récupération, de transport, d'entreposage, de tri, de consolidation, de conditionnement et de tout autre traitement des produits récupérés, est effectuée par l'entreprise, les fournisseurs de services et les sous-traitants conformément aux meilleures pratiques et selon les règles de l'art ».

Exiger que le traitement soit fait conformément aux meilleures pratiques et selon les règles de l'art revient à laisser, en principe, une grande marge de manœuvre aux entreprises. Par contre, il est de notoriété publique qu'une seule usine peut traiter adéquatement l'ensemble d'un appareil réfrigérant en fin de vie. Le nombre d'appareils traités par cette usine devrait être une indication permettant d'évaluer si la solution retenue par le gouvernement du Québec porte fruit.



Figure-17 : Récupération des appareils de réfrigération¹²

De plus, le Règlement exige que les entreprises remettent, trois mois avant la mise en oeuvre de leur programme, certains renseignements et documents ainsi qu'un rapport annuel. Cela constitue une source d'informations sur la récupération et la valorisation des appareils réfrigérants dont la consultation devrait permettre d'en apprendre plus sur la façon dont les entreprises assument leur responsabilité.

À quel taux de récupération et de valorisation doit-on s'attendre ?

Si le Règlement laisse les entreprises rédiger leur programme, il fixe par contre les taux de récupération et de valorisation à atteindre. Il y a toutefois un délai entre la date de mise en oeuvre des programmes par les entreprises et la date à laquelle elles sont tenues d'atteindre les taux fixés. Pour les appareils réfrigérants à usage domestique, les climatiseurs, les thermopompes et les déshumidificateurs, les entreprises doivent mettre en oeuvre leur programme de récupération et de valorisation au plus tard le 5 décembre 2020; pour les appareils à usage commercial ou industriel, au plus tard le 5 décembre 2021. Quant aux taux, ils varient selon les produits :

<ul style="list-style-type: none"> • pour les appareils de réfrigération et de congélation, conçus et destinés à un usage domestique 	<ul style="list-style-type: none"> • le taux minimal est de 70% à compter de 2024, lequel sera augmenté de 5% par année jusqu'à ce que le taux atteigne 90%
<ul style="list-style-type: none"> • pour les appareils de réfrigération et de congélation, conçus et destinés à un usage commercial ou institutionnel 	<ul style="list-style-type: none"> • le taux minimal est de 35% à compter de 2026, lequel sera augmenté de 5% par année jusqu'à ce que le taux atteigne 80%
<ul style="list-style-type: none"> • pour les climatiseurs, les thermopompes et les déshumidificateurs 	<ul style="list-style-type: none"> • le taux minimal est de 25% à compter de 2024, lequel sera augmenté de 5% par année jusqu'à ce que le taux atteigne 70%.

Comment seront calculés les écofrais à payer par les acheteurs d'appareils réfrigérants ?

Si les appareils réfrigérants n'ont pas été assujettis au Règlement avant 2019, c'est que les fabricants et détaillants ont signifié leur opposition à l'imposition d'écofrais à payer par les consommateurs pour la récupération et la valorisation d'un appareil. Ces coûts varient selon l'appareil. Par exemple, pour un réfrigérateur ou un congélateur, il en coûte entre 40 à 60 \$ selon les économies d'échelle réalisées.

¹² Photo courtoisie de PureSphéra

Pour éviter que ces coûts soient transférés aux consommateurs, le gouvernement du Québec a mis sur pied un programme de remboursement des coûts aux termes duquel 90 millions \$ sont mis à la disposition des entreprises. Deux facteurs serviront à calculer ces remboursements.

Premièrement, le pourcentage des coûts qui pourront ainsi être remboursés seront de 100 % en 2020 et 2021 et diminueront ensuite de 10 % par année jusqu'à atteindre 0 % en 2031. Deuxièmement, le remboursement dépendra du taux de récupération et de valorisation atteint. Par exemple, une entreprise dont le taux atteint 90 % en 2020 pourra recevoir un remboursement équivalent à 90 % de ses coûts (par exemple : 90 \$ pour des coûts de 100 \$); si cette entreprise atteint toujours un taux de 90 % en 2030, elle recevra 9 \$ pour des coûts de 100 \$ parce que le pourcentage de remboursement sera alors de 10 %. Selon le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, durant la période allant de 2020 à 2030, « cette aide financière abrogera les coûts potentiels transférés aux consommateurs sur le prix d'achat des appareils. »

Le Règlement prévoit comment ces coûts doivent être calculés. Ils sont modulés « pour chaque produit en tenant compte de caractéristiques telles que leur toxicité, leur recyclabilité, leur contenu en matières recyclées, leur durée de vie ou leur impact sur l'environnement et sur le processus de valorisation ». Ils doivent être imputés à ce produit et « internalisés dans le prix demandé pour celui-ci dès qu'il est mis sur le marché. » C'est ce qui s'appelle couramment les écofrais.

Dans le cas des appareils réfrigérants, l'obligation d'internaliser les écofrais dans leur prix ne s'appliquera qu'à compter de la quatrième année civile de mise en oeuvre du programme. Comme le Règlement exige que les entreprises mettent en oeuvre leur programme de récupération et de valorisation le 5 décembre 2020 (appareils à usage domestique, climatiseurs, thermopompes et déshumidificateurs) ou le 5 décembre 2021 (appareils à usage commercial ou institutionnel), les écofrais seront ajoutés au prix des appareils réfrigérants à compter de 2024 et 2025 respectivement. En 2024, le pourcentage des coûts qui pourront être remboursés par le gouvernement sera 70 %. En 2025, de 60 %. Les consommateurs devront à partir de ce moment assumer la différence. À partir de 2031, ils devront assumer l'entièreté des écofrais. Ce que le ministère, pour sa part, décrit ainsi : « Ceci permet de transférer graduellement la responsabilité financière des programmes aux entreprises visées pour atteindre une responsabilisation complète en 2031. »

En conclusion : à quels avantages faut-il s'attendre ?

Pour le ministère, le « principal avantage du Règlement se situe sur le plan des dommages environnementaux évités, particulièrement la réduction des émissions de GES attribuables aux halocarbures utilisés comme réfrigérants et agents de gonflement dans les appareils de réfrigération, de congélation et de climatisation. » Plus précisément, « la prise en charge des appareils de réfrigération, de congélation et de climatisation permettra [...] d'éviter des émissions de GES équivalant à 2,47 millions de tonnes de CO₂ sur la période 2024-2035 [...] Lorsque les programmes seront à maturité, ils permettront d'éviter des émissions de GES équivalant à 216 kilos tonnes de CO₂ annuellement [...] » En nombre d'appareils, voici des exemples des chiffres fournis par le ministère :

Type d'appareil	Nombre d'appareils en fin de vie en 2024
Réfrigérateurs	300 300
Congélateurs	70 300

Au chapitre des avantages, le gouvernement fait aussi valoir que l'obligation de récupération et de valorisation imposée aux entreprises viendra soutenir l'action des municipalités : « plusieurs municipalités offrent des services de collecte ou des points de dépôt où les citoyens peuvent déposer leurs appareils ménagers domestiques. La désignation de ces appareils sous la responsabilité élargie des producteurs entraîne le soutien de cette activité municipale par les entreprises, dont la transformation de la plupart de ces points de dépôt en points de collecte pour un programme REP. »

Comme il a été démontré plus haut, le domaine de la réfrigération est un secteur qui change continuellement avec les avancées technologiques, fabrication de nouvelles molécules, mais également par la mise en lumière du rôle majeur des fluides utilisés dans les problèmes environnementaux. La vigilance des citoyens est nécessaire pour que les élus prennent en compte les nouvelles connaissances scientifiques et adaptent la législation et la réglementation en conséquence.

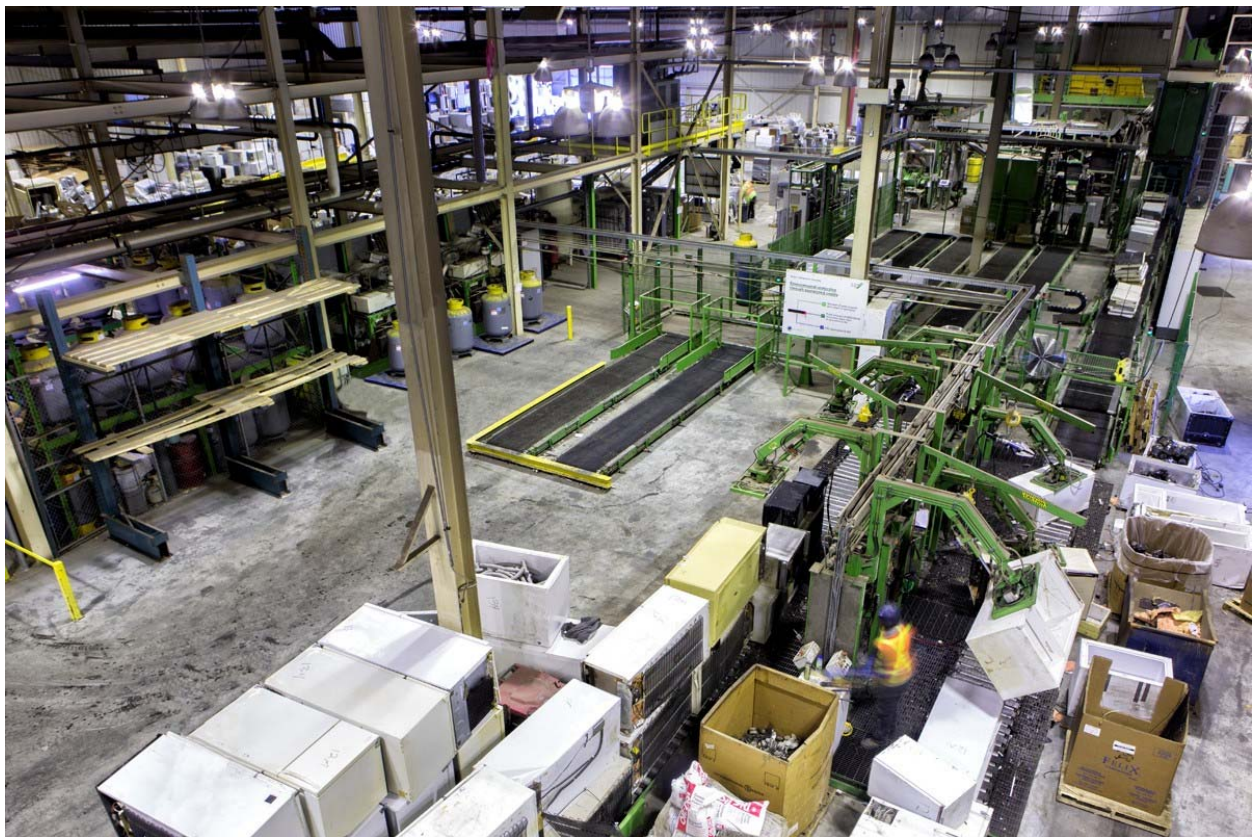


Figure-18 : Photo d'usine de récupération, démontage et recyclage des appareils de réfrigération.¹³

¹³ Photo courtoisie de PureSphéra